

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленская государственная сельскохозяйственная академия»

Е.Г. Соколова

Зоотехнический анализ кормов

Краткий курс лекций

Смоленск 2021

Рецензент: Бычкова Т.К. , доцент, кандидат биологических наук ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА

Соколова Е.Г

Зоотехнический анализ кормов. Краткий курс лекций/ Е.Г. Соколова,
— Смоленск: ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, 2021. — 106 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Зоотехнический анализ кормов» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для студентов направления подготовки 36.03.02 Зоотехния. Содержит теоретический материал по основным вопросам дисциплины, включающим химический состав и питательность кормов, рассмотрены пути решения проблемы повышения содержания основных питательных элементов в кормах. Курс лекций направлен на формирование у студентов знаний научных основ питательности кормов.

Печатается по решению методического совета ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, протокол № 4 11.06. 2021 года.

© Соколова Е.Г. 2021

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Смоленская
государственная сельскохозяйственная
академия, 2021

Содержание

	Введение	4
ЛЕКЦИЯ 1	Оценка питательности кормов по химическому составу	5
ЛЕКЦИЯ 2	Переваримость кормов и оценка их питательности по сумме переваримых веществ	19
ЛЕКЦИЯ 3	Баланс веществ и энергии в организме животного и ме- тоды их определения	27
ЛЕКЦИЯ 4	Оценка энергетической питательности кормов	34
ЛЕКЦИЯ 5	Проблема протеиновой питательности кормов	43
ЛЕКЦИЯ 6	Углеводная питательность кормов	59
ЛЕКЦИЯ 7	Липидная питательность кормов	65
ЛЕКЦИЯ 8	Минеральная питательность кормов	74
ЛЕКЦИЯ 9	Витаминная питательность кормов	91
	Список рекомендуемой литературы	

Введение

Дисциплина «Зоотехнического анализа кормов» входит в часть цикла дисциплин, формируемых участниками образовательных отношений направления подготовки 36.03.02 Зоотехния. Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины, позволяют расширить возможности будущего бакалавра в области оценки качества кормов и оптимизации процессов их производства и использования на основе химического состава, питательной ценности и качественных характеристик.

Цель дисциплины:

- формирование компетенций студентов, позволяющих сформировать знания достижений науки в оценке качества кормов, научных основ использования зоотехнического анализа кормов при составлении рационов кормления животных, способов рационального использования кормов, сенокосов и пастбищ на основе знаний их химического состава, питательной ценности и качества;
- развитие способностей к использованию достижений науки в оценке качества кормов, их рационального использования при составлении рационов кормления животных.
- создание условий для формирования: систематических знаний достижений науки в оценке качества кормов и рационального их использования, на основе знаний химического состава, питательной ценности и качества, при составлении сбалансированных рационов кормления животных;
- формирование интереса к творческой деятельности и потребности в постоянном самообразовании;
- развитие способности к анализу

Задачи дисциплины:

- изучить достижения науки в оценке качества кормов;
- овладеть техникой определения основных показателей химического состава кормов, доброкачественности и пригодности для кормления животных;
 - изучить научные основы использования зоотехнического анализа кормов при составлении рационов кормления животных;
 - изучить способы рационального использования кормов на основе знаний их химического состава, питательной ценности и качества.

ЛЕКЦИЯ 1

Тема: «Оценка питательности кормов по химическому составу»

1. Значение зоотехнического анализа кормов при организации полноценного кормления животных
2. Физиологическое значение кормов
3. Химический состав кормов
4. Факторы, влияющие на химический состав и питательность кормов

1. Значение зоотехнического анализа кормов при организации полноценного кормления животных

Полноценное кормление сельскохозяйственных животных - одно из основных условий повышения их продуктивности и увеличения производства продуктов животноводства. Для организации полноценного кормления животных наряду с созданием прочной кормовой базы необходима детальная характеристика качества кормов, производимых сельскохозяйственных предприятиях. Качество кормов оценивают по органолептическим признакам и химическому составу. Знание химического состава кормов и норм потребности животных в различных питательных веществах необходимо для организации рационального кормления животных.

Перевод производства продуктов животноводства на промышленную основу, создание крупных животноводческих ферм и комплексов по производству молока и мяса, а также крупных птицефабрик предъявляют особые требования к кормам и кормовой базе.

При промышленных методах производства продукции высокой продуктивности сельскохозяйственных животных можно добиться лишь при научно обоснованном их кормлении. С повышением продуктивности животных возрастают также требования к полноценности рационов по всем питательным и биологически активным веществам. Увеличение числа контролируемых показателей питательности рациона с 5-6 до 20-50 и более привело к необходимости разработки и постепенного перехода к новой системе оценки питательности кормов и нормирования питательных веществ по обменной энергии, концентрации в 1 ЭКЕ или в 1 кг сухого вещества рациона.

Только полноценным кормлением можно обеспечить хорошее состояние здоровья, нормальные воспроизводительные функции, высокую продуктивность животных и эффективное использование ими кормов. Полноценность кормления зависит от правильного установления потребностей животных в питательных веществах, количества норм питательности и качества кормов, а также от соответствия поступления питательных веществ потребностям животных, доступности и усвоения ими питательных веществ рациона и наличия запасных веществ в тканевых депо организма.

С ростом продуктивности животных увеличиваются случаи заболеваний, связанные с нарушением обмена веществ (остеодистрофия, кетозы, ги-

повитаминозы и др.). Нормальный уровень обмена веществ поддерживается при поступлении в организм белков, жиров, углеводов, минеральных веществ и витаминов в соответствии с физиологическими потребностями животных.

При малейших нарушениях технологии промышленного животноводства в условиях резко возрастающих физиологических нагрузок на животных создаются предпосылки для воздействия на организм стрессовых факторов, что неблагоприятно отражается на их здоровье. В молочном скотоводстве это приводит к увеличению заболеваний коров ке-тозами, гиповитаминозами, остеодистрофией и другими болезнями. В результате хозяйствам наносится существенный экономический ущерб из-за сокращения до 2-4 лет использования наиболее ценных животных, снижения на 30-50 % и более их молочной продуктивности, вынужденной выбраковки, увеличения яловости маточного поголовья и других причин.

Активная форма плановой профилактики - диспансеризация животных, при которой наряду с их клинико-физиологическими, биохимическими и морфологическими исследованиями контролируются качество и химический состав кормов, сбалансированность и полноценность рационов. Данные о кормах и кормлении животных используются в хозяйстве при разработке целенаправленной профилактики.

В этой работе большую роль играют ветеринарные и агрохимические лаборатории. Специалисты биохимических отделов ветеринарных лабораторий проводят исследования кормов, органов и тканей животных, определяют доброкачественность кормов и полноценность кормления. Результаты таких исследований становятся руководством для специалистов хозяйств по улучшению кормления и предупреждению заболеваний животных, возникающих из-за неполноценного кормления. В крупных птицеводческих хозяйствах организованы зоотехнические лаборатории, осуществляющие контроль за питательностью кормов.

Результаты исследования кормов используют при организации научно обоснованного кормления сельскохозяйственных животных.

Доказано, что при организации полноценного кормления животных разных видов необходимо нормировать от 15-20 до 40-50 показателей, в том числе сухое вещество, энергию, сырой или переваримый протеин, растворимые его фракции, незаменимые или лимитирующие аминокислоты (10-11 или 3-4), углеводный комплекс (сырая клетчатка, сахара, крахмал), сырой жир, некоторые жирные кислоты (для птицы), сырую золу и входящие в ее состав минеральные элементы (кальций, фосфор, магний, калий, натрий, сера, железо, медь, цинк, марганец, кобальт, йод), а также витамины А, D, E, комплекса В и др.

Расчет оптимальных рационов, сбалансированных по всем нормируемым показателям питательности (детализированные нормы), с учетом стоимости и фактической питательности кормов часто становится невозможным без использования компьютерных программ. Их использование дает возможность оперативно изменять рационы в зависимости от наличия кормов в хо-

зайстве и химического состава, соблюдения при этом требования к полноценности и сбалансированности рациона по большому количеству нормируемых показателей питательности. При расчете рационов в хозяйствах той или иной зоны страны целесообразно учитывать тип кормления и важнейшие факторы химического состава кормов, лимитирующие полноценность питания животных. Применение рационов, составленных с использованием компьютерных программ на основе детализированных норм кормления и фактической питательности кормов, обеспечивает повышение продуктивности животных на 10-15 % при снижении затрат кормов на получение единицы продукции на 10-20 %.

Задача зоотехнического анализа - определить содержание питательных веществ в кормах. Методами такого анализа определяют группу питательных веществ, содержащихся в кормах совместно с примесями. По этой системе группового анализа корм разделяют на шесть фракций: влага, сырая зола, сырой протеин, сырой жир, сырая клетчатка и безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ).

Эта схема анализа кормов была разработана более 100 лет назад немецким ученым Геннебергом. Хотя его метод не отвечает современным требованиям, он все же дает возможность получить ориентировочную информацию о питательной ценности кормов. В настоящее время полученные по этой схеме сведения лаборатории дополняют новыми данными о химическом составе кормов.

Количество анализируемых показателей химического состава кормов зависит от требований практики кормления сельскохозяйственных животных, возможностей лаборатории и стоимости анализа кормов.

2. Физиологическое значение кормов

Кормление сельскохозяйственных животных оказывает многообразное воздействие на функциональную и морфологическую изменчивость животного организма.

В первую очередь кормление оказывает влияние на пищеварительную систему животных, т.к. она непосредственно функционально связана с переработкой и усвоением корма. Далее влияет на органы и системы организма, участвующие в усвоении питательных веществ. Таким образом, в итоге кормление оказывает влияние на весь организм животного в целом, изменяя внешнюю форму и общее состояние животного.

Различные корма по разному влияют на секреторную деятельность пищеварительных желез и активность пищеварительных ферментов, что доказал академик И. П. Павлов.

Корма различного вида влияют на изменчивость пищеварительного тракта животных, что доказано исследованиями Н.П. Чирвинского.

Так в опытах у ягнят, выращенных на объемистых кормах, длина кишечника оказалась на 6 м больше, чем у ягнят, выращенных на концентриро-

ванных кормах. При этом объем желудка в расчете на 1 кг живой массы составлял соответственно 800-900 и 270 мл.

Под влиянием различного кормления (объемистые и концентрированные корма) у молодняка крупного рогатого скота и свиней также выявлены значительные различия в развитии преджелудков, длине кишечника и их переваривающей способности.

Характер кормления влияет на:

- 1) развитие и рост животных,
- 2) на функциях органов дыхания и кровообращения,
- 3) на телосложение
- 4) на химический состав органов и тканей организма.
- 5) На воспроизводительные способности животных.

Обильное кормление ускоряет рост и увеличивает массу животных, тем самым способствуя сбережению корма.

Недостаточное кормление замедляет рост и развитие животного и увеличивает риск возникновения многочисленных незаразных заболеваний (гиповитаминозы, костные заболевания, нарушения в обмене веществ), что резко снижает их продуктивность, сроки хозяйственного использования и качество продуктов.

Недостаточное кормление животных понижает способность к оплодотворению и является причиной рождения слабого, нежизнеспособного потомства.

Количество и качество мужских и женских половых клеток, их способность к оплодотворению, эмбриональному развитию и качеству приплода зависит от уровня кормления самцов-производителей и самок различных видов животных.

Передовая наука и практика животноводства показали, что высокопродуктивные породы сельскохозяйственных животных можно создать только при условии хорошего, целенаправленного их кормления в различные возрастные и физиологические периоды.

Ценные качества животных невозможно сохранять без хорошего кормления. Породный скот быстро «вырождается», теряет свои качества при плохом кормлении, что в полной мере согласуется с мнением академика М.Ф. Иванова: «Корма и кормление оказывают гораздо большее влияние на организм животного, чем порода и происхождение».

Чтобы успешно использовать в практике животноводства это могучее средство воздействия на животных, необходимо знать физиологическое значение применяемых кормов и всех питательных веществ, содержащихся в них.

Питательные вещества кормов животному необходимы:

- 1) как источник энергии для жизнедеятельности организма,
- 2) как источник структурного материала для образования органов и тканей,
- 3) для секреции молока

4) для отложения резервных веществ в теле.

Чем полнее корм удовлетворяет эти потребности животного, тем он питательнее.

Чтобы иметь объективное представление о питательности того или иного корма и ее изменчивости под влиянием разных факторов, необходимо знать содержание в кормах основных питательных и биологически активных веществ.

Иначе говоря, необходимо знать химический состав кормов, их переваримость и использование животными разных видов, возраста и направления продуктивности при содержании в различных хозяйственных условиях.

Следовательно, питательность корма может быть определена по результатам изменения физиологического состояния животного и его продуктивности.

3. Химический состав кормов

Основную долю кормов, используемых в кормлении сельскохозяйственных животных, составляют растительные корма и в значительно меньшем количестве — продукты животного происхождения.

Почти все известные химические элементы (105) обнаруживаются в том или ином количестве в растениях и теле животных. Основными же химическими элементами (органогенами), составляющими растительное и животное вещество, являются углерод, кислород, водород и азот.

В составе растений и животных преобладает углерод.

В составе растений больше кислорода, а азот, углерод и водород больше содержится в теле животных.

По своему химическому составу организм животных существенно отличается от растительных кормов.

В составе сухого вещества тела животных основную долю составляют протеин и жир.

В сухом веществе большинства растений сухое вещество в основном представлено углеводами (клетчаткой, крахмалом и др.).

Содержание углеводов в животном организме очень низкое. Это связано с тем, что клеточные стенки растений состоят в основном из целлюлозы, а стенки клетки животного — из белка.

У животных из белка состоят также мышцы, кожа, волосы, шерсть.

В растениях же протеин представлен в основном различными ферментами, и как структурное вещество не характерен для растительной ткани. Кроме того, растения откладывают энергию в форме углеводов, тогда как у животных она сосредоточена в основном в жировых депо.

В растениях и животных организмах значительные различия по содержанию минеральных веществ.

В организме животного в наибольшем количестве находятся кальций и фосфор, а основу золы растений составляют калий, кальций и фосфор.

Весь набор соединений, входящих в состав кормов, принято идентифицировать по их элементарному составу, структурной организации и функциональным свойствам.

В соответствии с принятой схемой зоотехнического анализа в кормах определяют шесть групп веществ: воду, сырую золу, сырой протеин, сырой жир, сырую клетчатку и безазотистые экстрактивные вещества (рис.1).

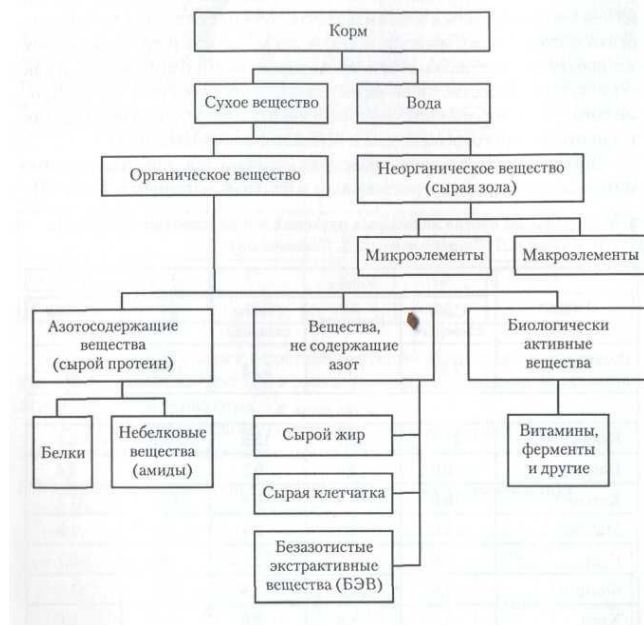


Рис. 1. Схема зоотехнического анализа кормов

Под термином «сырой» понимают содержание не только чистого вещества, но и других сопутствующих соединений.

Данная схема применяется и при анализе продуктов животного происхождения за исключением определения сырой клетчатки, которая отсутствует в теле животного.

Вода является основной составной частью растений и животного организма и служит средой, где протекают все химические и физико-химические реакции. Вода играет значительную роль в регуляции температуры тела.

В составе растений различают:

1) свободная влага, в которой растворяются различные вещества:

А) поверхностно-активная,

Б) капиллярно-пористая,

В) внутриклеточная

2) жесткосвязанная вода — не является растворителем, так как она входит в состав различных гидрофильных коллоидов — белков, крахмала и др.

В различных кормах содержание воды колеблется от 5 до 95 %.

В кормах искусственно высушенных содержится наименьшее количество воды (до 10 %) - это жмых, шрот, жом, травяная мука;

около 12-14 % воды содержится в зернах, семенах и мучных кормах;

в сене и соломе содержится 15-20 % воды,

в зеленом корме — 70-85 %,

в силосе — 65-85 %,

в сенаже — 45-60 %,
в корнеплодах и клубнеплодах — 80-92 %,
в барде, свежем жоме и мезге — 90-95 %.

С повышением в корме воды снижается содержание сухого вещества и его питательная ценность.

От уровня содержания воды в тех или иных кормах зависят их технологические свойства и пригодность к смешиванию, гранулированию, брикетированию, транспортированию и хранению. Повышенная влажность кормов способствует развитию нежелательных ферментативных процессов и ведет к резкому снижению питательности и ухудшению качества кормов.

Содержание воды в теле животных зависит от возраста и составляет 80 % у молодняка, а у взрослых животных — до 50 %.

Животные очень чувствительны к недостатку воды и в зависимости от видовых и физиологических особенностей потребляют на 1 кг сухого вещества корма следующее количество воды:

свиньи — 7-8 кг,
крупный рогатый скот — 4—7 кг,
лошади, овцы и козы — 2—3 кг
куры — 1—1,5 кг.

По мере накопления в организме взрослых откармливаемых животных жира содержание воды в нем значительно снижается.

Сырая зола представляет собой несгораемый остаток растительной или животной ткани и может содержать все элементы, кроме водорода, углерода и азота. На долю минеральных элементов в сухом веществе растений приходится в среднем 5 %.

Около 40 минеральных элементов входят в состав всех органов и тканей животного организма и его продуктов — молока, яиц и шерсти. Они играют очень важную роль в жизнеобеспечении различных видов сельскохозяйственных животных.

Минеральные элементы находятся в кормах в виде солей органических и минеральных кислот. В то же время определенные количества отдельных элементов (фосфор, сера, железо, магний и др.) находятся в соединении с белками, липидами и углеводами.

Распределены минеральные элементы в растениях неравномерно.

В стеблях и листьях их содержится в несколько раз больше, чем в зернах и корнях.

В бобовых растениях значительно больше содержится кальция (в 4-6 раз), чем в злаковых.

В золе корнеплодов достаточно много калия, но мало кальция и фосфора.

В золе семян и продуктах их переработки (отрубях, жмыхах, шротах и др.) много фосфора и мало кальция.

Минеральные элементы в составе тела животных находятся в других соотношениях, чем в растениях. В золе тела животного меньше содержится калия и натрия, но значительно больше кальция и фосфора.

Сырой протеин представляет собой общее количество азотистых соединений в корме и определяется умножением количества азота на коэффициент 6,25 (в сыром протеине содержится в среднем 16 % азота, $100:16=6,25$). Следует отметить, что коэффициент 6,25 не может быть постоянной величиной для всех кормовых средств ввиду различного содержания азота в их азотистых веществах (от 13 до 19 %).

Поэтому для пшеницы, ржи, овса и ячменя коэффициент 5,83;
для кукурузы — 6,25;
для масличных и жмыхов — 5,3;
для бобовых — 6,25;
для молока — 6,38;
для мяса, яиц — 6,25.

В состав сырого протеина входят белки и азотистые вещества небелкового характера — амиды.

Белки являются наиболее сложными высокомолекулярными органическими соединениями.

В организме высшего животного содержится приблизительно 5 млн различных видов белков, молекулы которых построены из остатков всего лишь 20 различных аминокислот, соединенных в длинные цепи в различной последовательности.

В сухом веществе животного организма содержится примерно 45 % белков, а в отдельных органах их количество достигает 85 %.

Белки входят в состав ферментов, гормонов и иммунных тел, которые выполняют исключительно важную роль в пищеварительных, обменных процессах и защитных реакциях организма.

В растениях белка содержится значительно меньше. Распределен он неравномерно и находится либо в коллоидном состоянии в протоплазме и ядре клеток, либо в твердом или кристаллическом виде, образуя запасный белок семян, зерен и др.

В различных кормах содержание белков колеблется в очень широких пределах (от 3 до 90 %).

Из растительных кормов много белка в жмыхах и шротах (30-40 %), зернах бобовых (25-30 %) и сене бобовых (12-15 %);

меньше белка в зернах злаков и сене (8-12 %) и совсем мало — в соломе злаков (4-6 %) и корнеплодах (0,5—1 %).

Особенно много белка содержится в отдельных кормах животного происхождения — мясной муке и сушеной крови (до 70-90 %).

Амиды — это группа небелковых азотистых соединений, которая состоит из свободных аминокислот, амидов аминокислот, солей аммония, нитратов и нитритов.

Основную часть небелковых азотистых соединений растительного корма составляют аминокислоты, а также амиды аспарагиновой и глютаминовой кислот — аспарагин и глютамин.

Количественно амиды определяют по разности между сырым протеином и белком.

Амидами богаты зеленые корма (до 30 % в протеине), силос и корнеклубнеплоды (до 50 % в протеине); в спелых зернах содержится в протеине амидов от 3 до 10 %.

Из небелковых азотистых соединений, входящих в состав сырого протеина кормов, хорошо усваиваются всеми сельскохозяйственными животными только свободные аминокислоты и амиды аминокислот.

Такие азотистые соединения, как аммонийные соли, нитраты и нитриты хорошо используются только жвачными животными при определенных условиях для синтеза микробного белка.

Для животных с однокамерным желудком (свиньи, птица и др.) аммонийные соли и нитраты не служат источником азотного питания и при избыточных количествах могут вызывать отравления.

Сырой жир. К этой группе относятся различные по своей химической природе вещества, обладающие свойством растворяться только в органических растворителях (эфир, хлороформ, бензол и др.).

В сырой жир входят три группы веществ:

- 1) липиды (жиры и масла),
- 2) стерины
- 3) красящие вещества.

Жиры и масла представляют собой эфиры жирных кислот и трехатомного спирта-глицерина.

В состав животных жиров и растительных масел входят свыше 30 жирных кислот с разным молекулярным весом.

В состав растительных масел входят в основном низкомолекулярные ненасыщенные жирные кислоты (олеиновая и линолевая); они жидкие при комнатной температуре и затвердевают при $-10-25^{\circ}\text{C}$.

В составе животных жиров преобладают высокомолекулярные насыщенные (стеариновая, пальмитиновая и др.) жирные кислоты с точкой плавления выше $16,3^{\circ}\text{C}$. При комнатной температуре они находятся в твердом состоянии. Наиболее легкоплавкими являются молочный жир, конское сало и птичий жир.

В растительных кормах содержание жира колеблется в широких пределах. Больше содержится жира в семенах и зернах, чем в стеблях и листьях. Из зерновых наибольшее количество жира содержится в кукурузе и овсе (5-6 %), а из масличных культур очень много жира в семенах сои, льна, подсолнечника и рапса (от 30 до 40 %).

Из всех питательных веществ кормов жиры представляют наиболее концентрированный источник энергии: при сгорании 1 г жира выделяется в среднем 38,0 кДж тепла, а при сгорании 1 г углеводов — только 17,2 кДж.

У разных видов сельскохозяйственных животных с возрастом идет накопление жира в организме. Так, в теле откормленного вола жир составляет около 40 %, а у отдельных пород овец — до 45 %. При этом из белков и

углеводов корма в теле животных откладываются жиры с химическими и физическими свойствами, характерными для данного вида животных. Однако если источником животного жира являются растительные масла или жиры животных кормов, то они во многом определяют консистенцию, вкус и запах отдельных продуктов животноводства — сливочного масла, свиного сала и птичьего жира.

Воски — это эфиры жирных кислот и высокомолекулярных одноатомных спиртов. При обычных условиях воски находятся в твердом состоянии, очень трудно гидролизуются и не имеют для животных питательной ценности.

Фосфолипиды или фосфатиды. В составе липидов эти вещества имеют для животных очень важное физиологическое значение. Подобно жирам они представляют собой эфиры жирных кислот и глицерина и содержат фосфор и азот, кроме водорода, углерода и кислорода. Фосфатиды в виде белково-липидных комплексов входят в состав клеток всех живых организмов. Лучшим животным источником фосфатидов (лецитина) являются яйца птицы, а из растительных — зерна сои и семена подсолнечника.

Гликолипиды. В их состав помимо жирных кислот и глицерина входит глюкоза или галактоза. Гликолипиды встречаются и в растениях — нейтральные липиды клевера содержат около 60 % галактолипидов. Биологическая ценность гликолипидов подобно фосфатидам очень высока.

Стерины представляют собой гидроароматические спирты сложного строения и входят в так называемые неомыляемые вещества нейтрального характера. В животных жирах стерин (холестерин) находится в небольших количествах (0,2-0,5 %), в растительных маслах (ситостерины) их несколько больше. Ситостерины не всасываются из кишечника, поэтому они не представляют энергетической ценности.

Красящие и другие вещества. К красящим веществам относятся хлорофилл, каротиноиды, госсипол и их производные, которые переходят из семян при получении растительных масел. Кроме этого в состав неомыляемой части жиров и масел входят жирорастворимые витамины А, D, E и К в небольших количествах.

Сырая клетчатка — часть корма, остающаяся после кипячения навески в разбавленной кислоте и разбавленной щелочи с последующим промыванием водой, спиртом и эфиром. Основу сырой клетчатки составляет вещество клеточных стенок растений — целлюлоза, гемицеллюлоза (пентозаны и гексозаны) и инкрустирующие вещества (лигнин, кутин и суберин).

Питательная ценность сырой клетчатки зависит от содержания целлюлозы и степени лигнификации растений.

Содержание и химический состав сырой клетчатки по мере вегетации растений сильно изменяются. У молодых, растущих растений в клеточной оболочке преобладает целлюлоза, а по мере старения клеточная стенка утолщается и накапливаются в большей мере лигнин и пентозаны.

При этом клетки различных частей растений лигнифицируются в разной степени. В стеблях растений процесс накопления сырой клетчатки, а в ней и лигнина, идет значительно быстрее, чем в листьях растений, плодах, корнях и клубнях.

По количеству сырой клетчатки растительные кормовые культуры располагаются в следующем порядке:

- в соломе озимых зерновых злаков — 40-45 %,
- в соломе яровых злаков и сене — 20-35 %,
- в голозерных злаках (кукурузе, пшенице) - 2-4 %, а в пленчатых (овсе, ячмене) - 5-10 %,
- в корнеклубнеплодах — от 0,4 до 2,0 %.

С увеличением содержания сырой клетчатки в растительных кормовых культурах их общая питательность снижается.

Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ). В группу безазотистых экстрактивных веществ входят все безазотистые вещества, кроме жира и сырой клетчатки. Основными представителями БЭВ являются крахмал, сахара и пентозаны.

Крахмал накапливается в большом количестве в семенах, плодах и клубнях и составляет до 60-70 % от сухого вещества. Небольшие количества крахмала содержатся в стеблях и листьях растений (около 2 %).

В теле животного крахмал представлен в виде гликогена, и в основном он накапливается в печени (до 4 % от массы).

В различных кормовых культурах крахмал содержится в виде зерен, различающихся по величине, плотности и форме. Наиболее крупные зерна имеет картофельный крахмал, затем кукурузный, пшеничный, ячменный, овсяный и наиболее мелкий — крахмал риса. На содержание крахмала в растениях оказывают влияние агротехнические приемы и климатические условия, а также способы приготовления и хранения кормов.

Сахара в растительных кормах представлены моносахаридами (глюкоза и фруктоза), содержащимися в плодах, корнеплодах, а также дисахаридами (мальтоза и тростниковый сахар), находящимися в большом количестве в сахарной свекле (до 22 %), моркови и сорго. Значительные количества сахара содержатся в сухом веществе молодых злаковых трав (до 13 %) и различных видах сена (от 4 до 8 %). Представителем Сахаров животного происхождения является лактоза (молочный сахар), содержащаяся в молоке животных от 3 до 6 %.

Пентозаны представляют значительную часть безазотистых экстрактивных веществ (до 25-30 %) грубых древесных кормов, соломы и сена.

Все применяемые в животноводстве кормовые культуры значительно отличаются друг от друга по содержанию основных питательных веществ. Одни из них являются источником протеина, а другие — безазотистых органических веществ. Поэтому в практике кормопроизводства необходимо проводить зоотехнический анализ кормов, позволяющий оценить питательность

корма по химическому составу и возможность удовлетворить потребность животного в отдельных питательных веществах.

4. Факторы, влияющие на химический состав и питательность кормов

На химический состав кормов, определяющий их протеиновую (белковую, аминокислотную), углеводную, липидную (жировую), минеральную и витаминную питательность, влияет много факторов:

- почвенные и климатические условия,
- система агротехники,
- вид и сорт растения,
- нормы внесения удобрений,
- сроки (фаза вегетации) и способы уборки,
- методы консервирования,
- условия хранения
- технология подготовки к скармливанию.

Почвенные и климатические условия. На хорошо окультуренных, богатых гумусом почвах, в которых интенсивно протекают микробиологические процессы и активно проходит минерализация органического вещества, качество кормов всегда выше, чем на бесструктурных почвах, часто имеющих дефицит тех или иных питательных веществ.

Сумма эффективных температур, количество осадков по сезонам года, продолжительность вегетационного периода, инсоляция оказывают влияние на поступление питательных веществ с почвенным раствором и на фотосинтез, что в итоге сказывается на концентрации органических и минеральных веществ в кормовых растениях.

Нормы внесения удобрений. Химический состав большинства кормовых растений может быть изменен известкованием кислых почв, внесением органических и минеральных удобрений. Известкование кислых почв помогает растениям лучше использовать элементы питания из почвенных растворов. Это один из радикальных приемов улучшения минерального состава кормовых растений, особенно у бобовых. Обеспеченность растений азотом — одна из основных предпосылок увеличения концентрации сырого протеина в кормах.

Минеральный состав кормовых растений зависит от наличия и доступности отдельных элементов в почве. Внесение различных доз минеральных удобрений сопровождается изменением содержания макроэлементов в траве, в частности, увеличивается концентрация в сухом веществе фосфора и калия и снижается содержание кальция и магния. Дефицит отдельных минеральных веществ в почвах и кормах может быть восполнен внесением соответствующих удобрений.

При оценке питательности кормов по химическому составу необходимо учитывать сортовые и видовые особенности растений. Например, зерно бобовых культур имеет более высокую протеиновую питательность, богаче

кальцием, чем злаковые. Мутантный сорт кукурузы Опак-2 содержит 13,6 % протеина и 0,55 % лизина по сравнению с содержанием 10-12 % протеина и 0,3-0,4 % лизина в зерне других сортов кукурузы.

Значительно отличаются по содержанию сухого вещества разные сорта свеклы. Например, в кормовой свекле содержится 10—14 % сухого вещества, полусахарной - 16-18, сахарной – 21-24 %. Отдельные сорта картофеля различаются по содержанию крахмала, люпина - по концентрации алкалоидов, подсолнечника ~ по масличности семян и т.д.

Агротехника влияет на химический состав и питательность кормовых растений (время и способ посева, количество и качество посевных семян, густота посева и уход за растениями, полив и др.) в зависимости от местных климатических и почвенных условий. Наиболее достоверно влияние густоты посева: травянистое растение дает при густом посеве более питательный корм, чем при редком; густо стоящие растения содержат больше протеина и меньше клетчатки, чем при редком размещении (например, подсолнечник на силос, крупные корнеплоды менее питательны, чем средние и мелкие). Кормовые растения, выросшие на поливных землях, по сравнению с произрастающими на богаре содержат меньше протеина.

Фаза вегетации растений и сроки уборки существенно сказываются на химическом составе и питательности корма (табл. 12). Как правило, все молодые растения богаче водой, азотистыми веществами и золой и беднее клетчаткой, чем в зрелом возрасте. По мере созревания растения с увеличением содержания клетчатки и инкрустирующих веществ (лигнина и др.) понижается и переваримость корма. Это явление свойственно всем травянистым растениям, но по интенсивности изменений разные растения отличаются друг от друга. В табл. 12 приведены примеры химического состава трав по фазам вегетации.

Необходимо правильно определять время и сроки уборки трав. Оптимальный срок уборки злаковых трав — фаза колошения, у бобовых - фаза бутонизации и начало цветения. Корм из травянистых растений более питательный, чем раньше они скошены. В противоположность этому корни, клубни и зерна наиболее богаты питательными веществами в состоянии полной спелости. По мере созревания клубней в них уменьшается содержание воды, клетчатки и увеличивается количество крахмала. Неспелые зерна содержат больше воды, и их сухое вещество богаче азотистыми веществами и золой, но беднее углеводами, накопление которых идет особенно интенсивно при созревании семян. В процессе созревания изменяется форма углеводов, сахар переходит в крахмал (табл. 13).

Способы уборки и заготовки кормов существенно влияют на химический состав и питательность кормов. Например, при механизированной уборке часть корнеплодов повреждается и это вызывает развитие нежелательных микробиологических и ферментных процессов, которые обуславливают значительные потери питательных веществ.

Разные способы заготовки сена сказываются на его качестве. Большая потеря питательных веществ бывает при сушке трав в плохую погоду. В сене, заготовленном с помощью активного вентилирования, сохраняется больше питательных веществ, чем из такой же травы, высушенной в поле.

Значительные потери безазотистых экстрактивных веществ, протеина и витаминов происходят во время высушивания при высоких температурах кормовых отходов технических производств, а также при силосовании и сенажировании. Гранулирование и брикетирование травяной муки и резки, тюкование сена и уборка его в рулоны способствуют лучшей сохранности питательных веществ, особенно каротина и витаминов.

В последнее время применяют новый способ заготовки и хранения силоса и сенажа - в мешках-рукавах. Преимущество рукавного хранения корма заключается в том, что потери питательных веществ корма практически сведены к минимуму благодаря высокой степени уплотнения его внутри мешка, которая достигается с помощью специальных машин-упаковщиков.

Хранение кормов всегда сопряжено с изменениями в химическом составе и питательности. В период хранения свеклы, картофеля, моркови и других корнеплодов протекают процессы дыхания, связанные с потерями сухого вещества, сахара и крахмала. Для сохранения кормов необходимо создание условий, при которых жизнедеятельность клеток была бы сведена к минимуму, а это зависит прежде всего от влажности корма и температуры помещения. Влаги в кормах, подлежащих хранению, должно быть в количестве, исключающем возможность поражения их грибами и плесенью, а также самонагревания. Грубые корма должны иметь влажность 15-17 %, зерно и мельничные отходы - 12-14, жмыхи и шроты - 10-12, травяная мука – 9-12 %. Лучше сохраняются зерновые корма, богатые углеводами; быстрее портятся корма, содержащие много жира и белка. Жмыхи и комбикорма с добавками жира во влажных хранилищах легко прогреваются, а травяная мука теряет значительное количество каротина.

Для предотвращения окисления жиров и витаминов в травяной муке, комбикорме, сухих заменителях молока перед хранением к ним добавляют специальные вещества — антиоксиданты (сантохин, дилудин, агидол, фенозан-кислота, бутилокситолуол, бутилоксианизол и др.). Стабилизация каротина в кормах искусственной сушки молодых трав (травяная мука, резка, гранулы, брикеты) может быть осуществлена при хранении в атмосфере инертных газов: диоксида углерода и азота.

На изменение химического состава кормов оказывает влияние технология подготовки их к скармливанию. Например, термическая обработка зерновых злаков денатурирует в них белки, снижает их усвоение, а при влаготепловой обработке и повышенном давлении зерна бобовых (гороха, сои, соевого шрота) усвоение белка на 30-40 % повышается, поскольку в них разрушаются ингибиторы трипсина. Тестирование сои является обязательным технологическим приемом. Дрожжевание зерновых злаковых кормов повышает биологическую ценность белков. Таким образом, для того чтобы пра-

вильно оценить питательность кормов, необходимым условием являются знание химического состава и изменение его под влиянием разных факторов. Считается, что чем больше в корме содержится протеина (белка, аминокислот), углеводов, липидов (жиров), минеральных веществ и витаминов, тем корм более питательный, и наоборот. Но химический состав является лишь первичным показателем питательной ценности корма. Для более детальной оценки надо знать степень переваримости питательных веществ в организме животного.

ЛЕКЦИЯ 2

Тема: «Переваримость кормов и оценка их питательности по сумме переваримых веществ»

1. Переваримость кормов
2. Влияние различных факторов на переваримость кормов
3. Методы определения переваримости.

1. Переваримость кормов

Изучение химического состава кормов и тела животных показывает, что содержащиеся в них основные органические вещества (белки, жиры и углеводы) представлены в разном количественном соотношении и качественно отличаются между собой. Если в растительных кормах преобладают углеводы (клетчатка, крахмал), то в теле животных в небольшом количестве находятся только сахар и гликоген. Значительные отличия установлены по составу и физическим свойствам растительного и животного белка, а также растительных масел и животных жиров. Следовательно, растительные органические вещества претерпевают существенные изменения в пищеварительном тракте сельскохозяйственных животных, прежде чем стать составной частью их тела. Как правило, поступившие питательные вещества в процессе пищеварения переводятся в более простые, растворимые соединения с последующим их всасыванием в кровь и использованием на синтез сложных органических веществ тела. Поэтому изучение процесса переваривания различных кормов животными является необходимым элементом при оценке их питательной ценности.

Пищеварительный процесс у всех сельскохозяйственных животных складывается из механической обработки корма (разжевывание), химической (ферментация) и биологической с помощью микроорганизмов пищеварительного тракта. Степень переваривания кормов и извлечения из них доступных питательных веществ зависит от анатомического строения и функциональных особенностей пищеварительной системы у различных видов сельскохозяйственных животных (рис.).

В связи с этим их делят на две основные группы: в первую группу входят жвачные животные (крупный рогатый скот, овцы, козы, верблюды, северные олени, буйволы, яки, зебу), отличающиеся наличием четырехкамер-

ного желудка (рубец, сетка, книжка, сычуг); во вторую группу входят животные с однокамерным желудком, так называемые моногастричные — свиньи, лошади, собаки, пушные звери. К этой группе относят также птиц (уток, гусей, кур, индеек, цесарок, перепелов, голубей), имеющих двухкамерный желудок.

В зависимости от характера питания сельскохозяйственные животные имеют различную структуру и форму отделов пищеварительного тракта, что подтверждается данными о размерах желудка, тонкого и толстого кишечника (табл.).

У растительноядных животных (коров, овец, лошадей) хорошо развиты отделы, в которых происходит переработка клетчатки (пред-желудки и толстый кишечник) с участием микроорганизмов. У всеядных (свиньи) все отделы желудочно-кишечного тракта развиты равномерно, но основная роль в переваривании корма принадлежит кишечнику.

Рассматривая в целом процесс переваривания корма у сельскохозяйственных животных, можно сказать, что переваримость представляет собой последовательный ферментативный гидролиз пищевых полимеров (белков, жиров и углеводов) сначала до промежуточных продуктов, а затем до мономеров — аминокислот, моносахаридов и жирных кислот (табл.).

Эти вещества в растворенном виде легко всасываются в кишечнике и поступают в кровь и лимфу с последующим использованием для синтеза сложных органических соединений тела животных. Непереваренная часть корма выводится из пищеварительного тракта животного в виде кала.

Следовательно, переваримыми называют такие питательные вещества, которые в результате пищеварения поступают в кровь и лимфу.

Таким образом, зная количество поступившего с кормом в пищеварительный тракт животного того или иного питательного вещества и выделенного с калом за определенный период времени, можно рассчитать количество питательного вещества, переваренного в организме:

питательное вещество корма — питательное вещество кала = переваренное питательное вещество.

Знание переваримости кормов (основных питательных веществ) разными видами сельскохозяйственных животных позволяет правильно оценить их питательность. Переваримую часть корма принято выражать в процентах. Отношение переваренной части корма к потребленной, выраженное в процентах, называют коэффициентом переваримости.

$$\text{Коэффициент переваримости, \%} = \frac{\text{переваренное питательное вещество, г}}{\text{съеденное питательное вещество, г}} \times 100$$

Расчет количества переваренных питательных веществ и их коэффициентов переваримости наглядно представлен в опыте на баране (по И.С. Попову), который за 10 дней съел 8000 г сена и выделил 7000 г кала. На ос-

новании данных химического состава корма и кала получены следующие результаты (табл.).

Из всех органических питательных веществ сена в пищеварительном тракте барана больше всех переварились безазотистые экстрактивные вещества (59 %), а переваримость протеина, жира и клетчатки была примерно одинаковой и составила 51-53 %.

2. Влияние различных факторов на переваримость кормов.

Прежде всего на переваримость кормов оказывает значительное влияние анатомо-морфологические особенности пищеварительного аппарата разных видов сельскохозяйственных животных и птицы.

Наибольшее сходство в переваривании кормов и особенно зерновых и сочных наблюдается у жвачных — крупного рогатого скота, овец и коз. Однако крупный рогатый скот лучше переваривает органическое вещество (на 10 %) и клетчатку (на 14 %) из грубых кормов (овсяной соломы), чем овцы. Значительно хуже перевариваются питательные вещества грубых кормов лошадьми и свиньями (табл.).

Из всех сельскохозяйственных животных птица хуже всех переваривает органическое вещество и особенно клетчатку.

Существенные колебания коэффициентов переваримости питательных веществ корма отмечаются у животных одинакового возраста, одной породы. Эти различия особенно существенны при переваривании грубых кормов (до 14 %), менее существенны при переваривании смешанных рационов (до 6 %) и незначительны в рационах из концентрированных кормов и корнеплодов (до 3 %).

Степень переваримости разных видов кормов в значительной мере определяется возрастом животных и развитием у них пищеварительной системы. Становление пищеварительной системы у разных видов сельскохозяйственных животных заканчивается к 4-6 месяцам. В раннем возрасте телята, ягнята и поросята очень хорошо усваивают (до 98 %) только молочные корма. Степень же усвоения питательных веществ растительных кормов достигает максимума только к окончанию развития пищеварительной системы. Старые животные переваривают питательные вещества кормов хуже.

Из всех содержащихся в кормах питательных веществ наибольшее влияние на их переваривание оказывают клетчатка и протеин.

Установлено, что с увеличением содержания клетчатки в отдельном корме или кормовой смеси переваримость всех питательных веществ значительно снижается. Это наглядно представлено данными о переваримости травы высокогорного луга овцами (по И.С. Попову):

Содержание клетчатки в сухом веществе, %	25,1	28,4	29,8	30
Переваримость органического вещества, %	75	67	61	54

Обобщение данных по переваримости органического вещества кормов разными видами животных в зависимости от содержания клетчатки позволило установить зависимость между этими показателями и вывести следующие уравнения регрессии:

крупный рогатый скот	$y = 90,1 - 0,88x$
свиньи	$y = 92,1 - 1,68x$
лошади	$y = 97,0 - 1,26x$
куры	$y = 88,1 - 2,33x$

где y — коэффициент переваримости органического вещества; x — содержание клетчатки в сухом веществе корма, %.

Переваривание питательных веществ кормов разными видами животных во многом определяется уровнем и доступностью протеина. Многочисленными исследованиями установлено, что у взрослых жвачных высокая переваримость корма возможна при содержании в нем 8-10 частей переваримых безазотистых веществ (считая и жир, умноженный на 2,25) на одну часть переваримого протеина. Поэтому для контроля рациона рекомендуется определять отношение питательных веществ, или протеиновое отношение:

$$\text{Протеиновое отношение} = \frac{\text{переваримая клетчатка, г} \times 2,25 + \text{переваримый жир, г} + \text{переваримые БЭВ, г}}{\text{переваримый протеин, г}}$$

При более широком отношении безазотистых питательных веществ к протеину (более 10:1) у жвачных животных наблюдается понижение переваримости углеводов и протеина. Для молодых растущих животных всех видов протеиновое отношение в рационе должно быть более узким (5-6:1).

На переваримость питательных веществ оказывают влияние и содержащиеся в кормах в различном количестве минеральные вещества и витамины. При оптимальном уровне содержания они предотвращают у животных расстройства пищеварения, усиливают моторную функцию пищеварительного тракта, нормализуют обмен веществ в организме.

Благотворное влияние на переваримость питательных веществ у молодняка животных и птицы оказывают комплексные ферментные препараты, имеющие направленное действие на «антипитательные» факторы растительных кормов и повышающие при этом эффективность их использования.

Повышению переваримости питательных веществ кормов способствует и правильная подготовка их к скармливанию животным — степень измельчения, физическая форма (гранулы, брикеты, степень увлажнения), специальная обработка кормов с высоким уровнем клетчатки и др. Все эти приемы обеспечивают наибольшую доступность питательных веществ для животных, облегчают механическую и ферментативную переработку кормов в пищева-

рительном канале, а также улучшают вкусовые свойства корма и аппетит у животных.

Переваривающая способность пищеварительного тракта в значительной степени определяется скормливанием продуктивным животным не отдельных кормов, а полноценных, сбалансированных по всем питательным и биологически активным веществам кормовых смесей. При этом для большинства кормовых смесей рекомендуется использовать специальные белково-витаминные добавки, изготавливаемые в специализированных цехах комбикормовых заводов.

Повышение переваримости питательных веществ во многом зависит также и от класса качества кормов в период их заготовки и хранения. При снижении класса качества основных объемистых кормов (сена, сенажа и силоса) содержание в них переваримого протеина, сахара, доступной клетчатки, витаминов и минеральных веществ снижается в 1,5-2 раза, что в значительной степени снижает в целом переваривание и продуктивную ценность данных кормов.

Все факторы можно сгруппировать в следующие:

Первый фактор. Пищеварительный процесс у всех сельскохозяйственных животных складывается из механической обработки корма (разжевывание), химической (ферментация) и биологической (с помощью микроорганизмов пищеварительного тракта). Степень переваривания кормов и извлечение из них доступных питательных веществ зависят от анатомического строения и функциональных особенностей пищеварительной системы у разных видов животных.

В связи с этим животных делят на 2 основные группы:

– жвачные животные (крупный рогатый скот, овцы, козы) – отличаются наличием четырехкамерного желудка;

– животные с однокамерным желудком (свиньи, лошади, собаки). К этой же группе относятся птицы, имеющие двухкамерный желудок.

У растительноядных животных (коров, овец, лошадей) хорошо развиты преджелудки и толстый кишечник, в которых происходит переваривание клетчатки. У всеядных (свиньи) все отделы желудочно-кишечного тракта развиты равномерно, и основная роль в переваривании корма принадлежит кишечнику.

Второй фактор. Состояние упитанности и физическая нагрузка животных. Истощенные животные и животные при тяжелой физической нагрузке переваривают питательные вещества хуже.

Третий фактор. Химический состав корма. Например, чем больше в корме клетчатки, закрывающей микроорганизмам и ферментам доступ к растительной клетке, тем меньше переваримость питательных веществ.

Четвертый фактор. Скормливание животным не отдельных кормов, а полноценных кормовых смесей, в которых недостающее количество питательных веществ в одном корме компенсируется избытком этих веществ в другом.

Пятый фактор. Предварительная подготовка кормов к скармливанию. Например, корма, богатые клетчаткой (солому, стержни кукурузных початков и др.), перед скармливанием подвергают обработке – химической, механической, электротермической, биологической. Использование биологически активных веществ увеличивает переваримость питательных веществ. Добавление к кормам ферментативных препаратов помогает перевариванию клетчатки.

Шестой фактор. Улучшение качества заготавливаемых кормов в хозяйстве.

3. Методы определения переваримости.

Основным и наиболее точным методом определения переваримости питательных веществ кормов является проведение на животных специальных опытов. Для этого необходимо отобрать 3-5 здоровых животных одинакового возраста, живой массы и физиологического состояния. При необходимости у свиней и птицы проводят дегельминтизацию. У птиц для отдельного сбора кала и мочи проводят специальную операцию.

Основной задачей при проведении опытов по определению переваримости корма животными является точный учет съеденного корма и выделенного кала. Поэтому весь опыт подразделяется на два периода — подготовительный и учетный. В подготовительный период достигается полное удаление из пищеварительного тракта остатков прежнего корма. Продолжительность его составляет 10-15 дней для жвачных и лошадей и 7-10 дней — для свиней и птицы. Учетный период опыта продолжается от 5 до 10 дней в зависимости от вида животных. В этот период учитывают количество съеденного корма, его остатки и количество выделенного кала. Отбирают средние образцы корма и кала для проведения химического анализа на содержание основных органических веществ. На период проведения опыта животных помещают в специальные станки с индивидуальной кормушкой и поилкой и специальными приспособлениями для сбора кала. Выемку и учет кала от мелких животных производят не реже 2-3 раз в сутки. В опытах на крупных животных (коровы, лошади и др.) кал собирают и учитывают постоянно по мере его выделения.

Необходимо отметить, что данный метод определения переваримости кормов на крупных животных довольно трудоемкий и затратный. Чтобы устранить необходимость сбора и учета всего выделенного животными кала используют метод инертных индикаторов. В качестве лучшего инертного индикатора применяют окись хрома, окись железа, сульфат бария, которые в определенном количестве добавляют к испытываемому корму и равномерно перемешивают. Инертное вещество в процессе переваривания корма не усваивается и выделяется с калом. Из выделенного кала или взятого рукой из прямой кишки через анальное отверстие у крупных животных отбирают средний образец каловых масс для химического анализа.

Переваримость рассчитывают по специальной формуле, отражающей соотношение между питательными и инертными веществами:

$$\text{Коэффициент переваримости, \%} = 100 - \left\{ 100 \times \frac{\text{инертные вещества в корме, \%}}{\text{инертные вещества в кале, \%}} \times \frac{\text{питательные вещества в кале, \%}}{\text{питательные вещества в корме, \%}} \right\}$$

При изучении переваримости кормов в многочисленных опытах на животных установлена прямолинейная связь между переваримостью питательных веществ и содержанием азота в кале. На основании данной закономерности разработаны специальные уравнения по определению переваримости органического вещества на основании химического анализа кала. Ниже приведено уравнение для определения переваримости органического вещества лактирующими коровами при пастбищном содержании:

$$y = 46,89 + 8,2 \, 1x,$$

где y — коэффициент переваримости органического вещества рациона, %;
 x — содержание азота в органическом веществе кала, %.

Широкое распространение получил способ определения переваримости кормов вне организма животного — *in vitro*. Этим способом определяется переваримость азотистых веществ, когда навеска корма инкубируется в течение определенного времени в термостате (при температуре 37 °С) при добавлении натурального пепсина и соляной кислоты. В случае определения переваримости всех органических веществ к навеске корма для инкубации добавляются рубцовая жидкость, пепсин и соляная кислота.

Использование двух способов определения переваримости питательных веществ (*in vivo* — на животных, *in vitro* — вне организма) позволяет получать довольно сопоставимые данные по коэффициентам переваримости питательных веществ кормов, бедных клетчаткой и богатым протеином.

5. Переваривание питательных веществ корма жвачными животными

Микроорганизмы в переваривании питательных веществ корма

Основную роль преобразования кормов в преджелудках играют бактерии и простейшие. Для осуществления жизненных функций они постоянно должны иметь источники углерода, водорода, кислорода, азота и доступной энергии.

Для этих целей служат высокомолекулярные вещества растительных кормов.

Переваривая их своими ферментами для себя, микроорганизмы оставляют в содержимом рубца разрушенные структурные образования тканей растений и конечные продукты собственного обмена веществ. Они перемещаются в нижележащие отделы желудочно-кишечного тракта и перевариваются пищеварительными ферментами организма.

Конечные продукты обмена микрофлоры всасываются в рубце и используются в качестве промежуточных продуктов обмена веществ.

Расщепление сложных веществ в рубце

Клетчатка. Бактерии энергично воздействуют на неё, разрыхляя и раздробляя клеточные оболочки. В результате нарушается связь между целлюлозой и инкрустирующим веществом. Целлюлоза под действием ферментов, которые вырабатывают микроорганизмы рубца, расщепляется до глюкозы. Глюкоза сбраживается до летучих жирных кислот (молочная, уксусная, пропионовая, масляная), которые и всасываются в рубце.

Крахмал. Его сбраживание в рубце протекает очень медленно и является неэффективным процессом по сравнению с гидролизом в тонком кишечнике. Крахмал необходим как основной углевод, потребляемый простейшими, которые используют его как энергетическое вещество и откладывают про запас.

Сахара. Простые сахара активно сбраживаются при помощи бактерий и простейших рубца. В результате образуются летучие жирные кислоты.

Азотистые вещества. Поступающие в рубец белки и азотсодержащие вещества небелковой природы подвергаются воздействию ферментов, которые расщепляют их до аминокислот и пептидов. Некоторые аминокислоты и дальше распадаются до органических кислот, аммиака и углекислого газа.

Липиды. В рубце небольшая часть сырого жира корма гидролизуются с образованием ненасыщенных жирных кислот, которые затвердевают. Основное место переваривания жира – двенадцатиперстная кишка.

Пищеварение в сычуге

В сычуге процесс пищеварения коровы становится похожим на процесс пищеварения других животных. Из-за наличия в сычуге кислой среды вся бактериальная активность здесь полностью прекращается. В начальной фазе желудочного пищеварения, которая наступает после кормления, преобладает процесс расщепления углеводов. По мере усиления перемешивания слоев содержимого желудка и начинается процесс расщепления белка. Дополнительно происходит частичное переваривание жиров.

Пищеварение в кишечнике

У молодняка с многокамерным желудком в первые недели жизни преобладает пищеварение в кишечнике. С возрастом и переводом животных на растительные корма устанавливается рубцовое пищеварение.

Тонкий отдел кишечника имеет вместимость до 70 л и значительная часть процессов пищеварения протекает в этом отделе. Под влиянием ферментов кишечного сока, поджелудочной железы и желчи биохимические процессы пищеварения здесь достигают наивысшей интенсивности.

Расщепление белков в этом отделе осуществляется ферментами сока поджелудочной железы до аминокислот; жиров – под действием липаз кишечного и панкреатического соков до жирных кислот и глицерина.

Сахара, образующиеся в рубце, проходят сычуг в неизменном виде, а попадая в тонкий отдел кишечника, расщепляются до глюкозы.

В биохимических процессах пищеварения, протекающих в толстом отделе кишечника, в значительной мере принимает участие микрофлора. Здесь переваривается целлюлоза и другие компоненты сырой клетчатки. В этом же отделе идет незначительное всасывание летучих жирных кислот, воды, некоторых солей, глюкозы и аминокислот.

Продукты расщепления белка поглощаются в нижнем отделе кишечника в форме аминокислот и в незначительном количестве в виде простых пептидов; углеводы (глюкоза, галактоза и пентоза) активно всасываются в тонком отделе кишечника; жиры (глицерин и жирные кислоты) поглощаются при участии желчных кислот в двенадцатиперстной кишке.

Основным местом всасывания жидкостей являются тонкая и подвздошная кишки. Витамины всасываются при прохождении по тонкому отделу кишечника. Там же поглощается основное количество минеральных веществ.

ЛЕКЦИЯ 3

Тема: «Баланс веществ и энергии в организме животного и методы их определения»

1. Методы изучения обмена веществ, материальных изменений в организме животных
2. Метод балансовых опытов
3. Метод контрольных животных
4. Метод научно-хозяйственных опытов и производственных наблюдений
5. Метод меченых атомов

1. Методы изучения обмена веществ, материальных изменений в организме животных

Оценка питательности кормов по химическому составу и переваримым питательным веществам имеет свои недостатки: не выявляет все основные свойства кормов, которые оказывают воздействие на организм животного; не учитывает качественные особенности одних и тех же питательных веществ в разных кормах, несмотря на то, что протеины (белки) и жиры (липиды) во всех кормах обладают неодинаковой питательной ценностью.

Пищеварение - лишь начальная стадия питания животных и не характеризует того, как используются (усваиваются) питательные вещества и как они трансформируются (превращаются) в продукцию (молоко, прирост, яйца, шерсть и др.).

Из питательных веществ, поступающих в кровь из пищеварительного канала, разные органы и ткани животного отбирают то, что им необходимо в качестве источника энергии и структурного материала. На этой стадии обмена между кровью и тканями тела идут биохимические процессы: с одной сто-

роны, происходят синтез сложных составных частей клеток (белка, жира и др.), образование молока, прирост живой массы, шерсти животных, яиц птицы, с другой - расщепление в процессе диссимиляции сложных веществ до простых с освобождением энергии.

Ассимиляция клетками приносимых кровью питательных веществ изменяется в зависимости от того, в какой степени они соответствуют потребностям живого организма.

На процесс переваривания и усвоения питательных веществ (жевание, продвижение пищи по кишечнику, химические изменения составных частей корма и др.) требуются необходимые затраты, неодинаковые для разных кормов.

Поэтому окончательную оценку питательности корма можно определить только в процессе его взаимодействия с животным организмом и на основе знания количественных и качественных изменений в обмене веществ, вызываемых кормлением. Конечным результатом этих изменений являются состояние здоровья, рост и развитие животных, уровень продуктивности, качество продукции и др.

Для оценки питательности кормов по результатам использования и трансформации питательных веществ в продукцию применяют несколько методов:

- балансовый, основанный на законе сохранения веществ и энергии;
- контрольных животных;
- научно-хозяйственных и производственных опытов;
- меченых атомов.

2. Метод балансовых опытов

Суть этого метода заключается в том, что об изменениях в обмене веществ и степени использования питательных веществ под влиянием кормления судят по разности между тем, что животное получило в корме и выделено из организма. Метод основан на учете поступления и выделения азота, углерода и энергии. Приход и расход воды, минеральных веществ и витаминов в организме не учитываются, поскольку они не являются источниками энергии в питании животных. Не учитывают также изменение содержания углеводов в теле животных из-за малого их количества (например, в теле вола массой 450-500 кг содержится углеводов лишь около 2 кг в печени и мышцах), которое остается более-менее постоянным при нормальных условиях кормления. В балансе веществ обычно не учитывают и незначительные выделения азота и углерода с потом.

Баланс азота. По балансу азота определяют использование (усвоение) протеина корма, прирост или убыль белка в теле животного. Для того чтобы составить баланс азота в организме, необходимо знать содержание азота в корме и выделениях (кале, моче, молоке).

В пищеварительном канале часть азотистых соединений корма расщепляется до аминокислот, остальной азот, непереваренный, выделяется с калом.

Аминокислоты из пищеварительного канала всасываются в кровь и ею разносятся по всему телу. Ткани и клетки за счет этих аминокислот покрывают свои потребности в азотистых веществах для восстановления распавшихся и для новообразования (у растущих животных, беременных, лактирующих и др.), а избыточные аминокислоты дезаминируются. Аммиак, выделяемый при этом, превращается в мочевины (или мочевую кислоту), являющуюся главным продуктом азотистого обмена, и частично идет на нейтрализацию образовавшихся в организме кислот. Остающаяся после дезаминирования безазотистая часть аминокислот окисляется до углекислоты и воды, а также используется в синтезе углеводов и жиров.

Конечные продукты азотистого обмена - мочевины, мочевая кислота, креатин, креатинин, гиппуровая кислота и др. - выделяются из организма главным образом с мочой и в очень малых количествах с потом. Баланс азота можно представить следующим образом:

$$N_{\text{корма}} = N_{\text{кала}} + N_{\text{мочи}} + N_{\text{отложений}} + N_{\text{продукции}}$$

В зависимости от физиологического состояния и условий кормления баланс азота в организме животного может быть положительным, отрицательным и нулевым. Положительный баланс наступает тогда, когда из организма выделяется азота меньше, чем поступило с кормом; отрицательный - если выделяется азота больше; нулевой - когда поступление и выделение азота равны.

При рациональном кормлении положительный баланс азота наблюдается у растущих и откармливаемых животных. Отрицательный баланс азота возникает при протеиновом голодании или низком усвоении протеина корма. У высокопродуктивных коров отрицательный баланс наблюдают при недостаточном поступлении азота с кормом, когда с молоком его выделяется больше. В этом случае организм лактирующих животных (чаще всего коров) использует резервный белок тканей, что приводит к потере массы тела. При нулевом балансе азота в теле животного не происходит накопления белка, а весь протеин корма используется только для поддержания обменных процессов в организме и формирования белка молока. Нулевой баланс чаще всего наблюдается у полновозрастных животных при нормированном и полноценном кормлении.

Для определения использования азота (протеина) корма служат два показателя: коэффициент использования принятого в корме азота и коэффициент использования переваренного азота в организме животного. Коэффициентом использования называется количество азота, отложенного в теле и выделенного с молоком, в процентах от принятого или переваренного в организме.

Зная баланс азота, можно рассчитать прибыль или убыль белка в теле животного, учитывая, что в мышечном белке содержится в среднем 16,67 % азота.

Пример суточного баланса азота в организме лактирующей коровы и расчета коэффициентов использования азота корма приведен далее. Поступило с кормом рациона 267,5 г азота; выделено с калом 74,4 г, мочой — 124,2 г и молоком — 55 г; отложено в теле 13,9 г азота.

Коэффициенты использования азота на молоко и отложение в теле ($55 + 13,9 = 68,9$): принятого с кормом — 25,8 % ($68,9 \cdot 100 : 267,5$), переваренного в организме — 35,8 % ($68,9 \cdot 100 : 192,1$).

Коэффициенты использования азота только на молоко: принятого с кормом — 20,6 % ($55 \cdot 100 : 267,5$), переваренного в организме - 28,6 % ($55 \cdot 100 : 192,1$). В организме коровы отложилось азота в пересчете на белок 83,3 г ($13,9 \cdot 100 : 16,67$).

Баланс углерода. По балансу углерода определяют использование (усвоение) углеводов и жиров корма, а также величину отложения жира в организме животных.

Углерод корма выделяется из организма с непереваренными веществами и кишечными газами (метаном и др.), образующимися за счет переваренных углеводов при брожении в пищеварительном канале, а остальной углерод в аминокислотах, глюкозе и продуктах переваривания жира разносится из кишечника кровью и лимфой по всем частям тела.

Часть аминокислот после их дезаминирования идет на образование и отложение жира. Глюкоза и продукты переваривания жира используются в первую очередь как источник теплоты для поддержания нормальной температуры тела и на работу внутренних органов; избыток же откладывается в организме в форме резервного жира. Диоксид углерода, получающийся в результате окисления питательных веществ в организме, собирается кровью, приносится в легкие и выделяется при дыхании. Отсюда баланс углерода рассчитывается следующим образом:

$$C_{\text{корма}} = C_{\text{кала}} = C_{\text{мочи}} + C_{\text{дыхания}} + C_{\text{кишечных газов}} + C_{\text{белок тела}} + C_{\text{жира тела}} + C_{\text{молока у лактирующих жив-ых}}$$

Следовательно, для определения баланса углерода необходимо знать не только состав кала и мочи, но и газообмен животного. Для исследования газообмена пользуются специальными респирационными аппаратами разного типа.

Использование углерода корма характеризуется, так же как и азота, двумя показателями: процентным соотношением количества углерода, отложенного в белке и жире тела и выделенного в молоке (у лактирующих животных), от принятого в корме и переваренного в организме.

По балансу углерода определяют отложение жира в организме животного, зная, что в белке содержится 52,54 % углерода, а в жире — 76,5 %.

Пример суточного баланса углерода в организме лактирующей коровы и расчета коэффициентов использования безазотистых веществ (углеводов и жиров) корма.

Получено в кормах рациона 4413,9 г углерода, из организма выделено с калом 1433,0, мочой - 194,9, углекислотой при дыхании - 1661,0, молоком - 182,4 г углерода. Всего выделено 3471,3 г, в теле отложено 942,6 г, из которых выделилось в молоке 722,6, задержалось в теле 220 г углерода.

Из примера суточного баланса азота для этой же коровы следует, что азота отложилось 13,9 г или 83,3 г белка ($13,9 \times 100 : 16,67$), в белке в среднем содержится 52,54 % углерода, значит, в отложенном белке заключается 43,7 г углерода ($83,3 \times 52,54 : 100$). На углеводы и жиры тела приходится 176,3 г углерода ($220 - 43,7$). Углеводы в организме превращаются главным образом в жир, который содержит в среднем 76,5 % углерода, отсюда у коровы в теле отложилось 230,4 г жира ($176,3 \times 100 : 76,5$).

Коэффициенты использования углерода безазотистых веществ (углеводов и жиров), принятого в корме, составляют: на молоко и отложение жира - 21,3% ($942,6 \times 100 : 4413,9$), только на молоко - 16,3 % ($722,6 \times 100 : 4413,9$).

Коэффициенты использования углерода, переваренного в организме ($4413,9 - 1433,0 = 2980,9$ г): на молоко и отложение жира - 31,6 % ($942,6 \times 100 : 2980,9$), только на молоко - 24,2 % ($722,6 \times 100 : 2980,9$).

Баланс энергии. По балансу энергии в организме животных определяют использование органического вещества в целом (протеина, жира и углеводов) и энергетическую питательность кормов.

Химические превращения переваримых органических веществ в организме животного неотделимы от обмена энергии и являются лишь различными формами одного и того же процесса жизнедеятельности. Поэтому об изменениях, происходящих в организме животного под влиянием кормления, судят и по балансу энергии:

$$\mathcal{E}_{\text{корма (валовая)}} = \mathcal{E}_{\text{кала}} + \mathcal{E}_{\text{мочи}} + \mathcal{E}_{\text{метана}} + \mathcal{E}_{\text{теплоты}} + \mathcal{E}_{\text{продукции (молока, прироста и др.)}}$$

Чтобы определить валовую энергию корма, энергию кала и мочи, их навеску сжигают в специальных калориметрах. О теплоте, выделяемой при сгорании различных питательных веществ в организме животных, дают представление следующие данные: 1 г переваримого жира выделяет 9,5 ккал (39,7 кДж), 1 г переваримого белка - 5,7 (23,3 кДж), 1 г переваримых углеводов - 4,2 ккал (17,5 кДж) обменной энергии.

Энергия корма за минусом энергии кала, мочи и кишечных газов (метана) характеризует обменную энергию. За счет обменной энергии происходит вся внутренняя работа организма животного, связанная с пищеварением, дыханием, кровообращением, межуточным обменом, функциями внутренней секреции, нервной системы и др. Энергия, затраченная на работу внутренних органов, характеризуется как энергия теплоты (теплопродукция), которая определяется в специальных респираторных аппаратах. Остальная обменная энергия идет на механическую работу (например, у лошадей) или же остается в организме как потенциальная: энергия белка и жира, откладываемых в теле или выделяемых в продукции, производимой животными (например, в молоке).

Использование органических веществ корма (белков, жиров и углеводов) определяется двумя коэффициентами, характеризующими процентное соотношение энергии продукции от валовой и обменной энергии.

Пример суточного баланса энергии в организме лактирующей коровы и расчета коэффициентов использования энергии корма, кДж:

принято энергии (валовая энергия корма) - 219 610;

выделено энергии из организма: в кале - 69 362, моче - 7929, метане - 15 389, теплопродукции - 79 504, молоке - 41 535;

отложено в теле: в белке - 3494, жире - 2397.

Энергия переваримых веществ корма - 150 248 кДж (219 610 - 69 362).

Обменная энергия переваримых веществ корма - 126 930 кДж (150 248 - (7929 + 15389)).

Энергия продукции (молоко и отложения) - 47 426 кДж (41 535 + 3494 + + 2397).

Коэффициенты использования энергии корма на молоко и отложения в теле белка и жира: валовой - 21,6 % ($47\,426 \times 100 : 219\,610$), обменной - 37,3 % ($47\,426 \times 100 : 126\,930$).

Коэффициенты использования энергии корма на молоко: валовой - 18,9 % ($41\,535 \times 100 : 219\,610$), обменной - 32,7 % ($41\,535 \times 100 : 126\,930$).

По количеству обменной энергии судят также об энергетической питательности кормов.

3. Метод контрольных животных

Применяют для определения материальных изменений в теле только растущих и откармливаемых животных, по которым судят об использовании питательных веществ кормов при разных условиях кормления.

Сущность этого метода сводится к следующему: подбирают несколько групп животных, по возможности однотипных (аналогов) по происхождению, возрасту, полу, живой массе, упитанности и состоянию здоровья. Перед опытом из каждой группы убивают 1-2 животных и определяют во всех продуктах убоя содержание белка и жира. Оставшихся животных на протяжении определенного периода опыта кормят изучаемыми рационами или отдельными кормами, которые входят в состав кормового рациона в большем количестве, чем в других вариантах опыта. В конце опыта из каждой группы убивают по 3-5 животных. Разница в составе тела животных, убитых до и после опыта, покажет влияние рациона или дополнительно съеденного корма на отложение белка и жира.

4. Метод научно-хозяйственных опытов и производственных наблюдений

Применяя данный метод, можно определить конечный результат использования питательных веществ кормов животными. В этом случае о влиянии кормления на ход обменных процессов и физиологическое состояние животных можно судить только предположительно.

Этим методом определяют использование питательных веществ кормов по расходу (затратам) сырых и переваримых питательных веществ (в кормовых единицах) на производство продукции (молоко у лактирующих животных, прирост живой массы у растущих и откармливаемых животных, прирост шерсти у овец, 10 шт. яиц у сельскохозяйственной птицы). При этом считается, что чем меньше расход корма на получение единицы продукции, тем выше использование питательных веществ кормов рациона. Основное требование этого метода в производственных условиях — учет количества и питательности потребленных кормов, продуктивности животных.

Об эффективности использования кормов можно судить и по внешним признакам состояния животных, их здоровью, воспроизводству (плодовитость, жизнеспособность потомства и др.).

5. Метод меченых атомов

На основе современных достижений биофизики и приборостроения созданы новые методы изучения питательности кормов. Наиболее широкое распространение получил метод меченых атомов при изучении использования минеральных веществ кормов. Метод основан на введении в организм с кормом, воздухом или водой изучаемых элементов, главным образом минеральных, в определенной пропорции с радиоактивными или стабильными изотопами. По окончании эксперимента приборами (радиометрами и др.) определяют содержание этих изотопов в органах, тканях, выделениях, молоке или других продуктах. При расчетах результатов опыта принимается допущение, что усвоение организмом изучаемого элемента происходит пропорционально усвоению его изотопа.

Благодаря этому методу можно определить не только количество усвоенных (задержанных) в организме элементов, но и их использование отдельными органами, тканями, железами, т.е. выяснить многие стороны обмена веществ у животных.

Пример:

Поведение меченого кальция (Ca_{45}) в теле 6-месячного бычка. Из заданных 100 г Ca_{45} всосалось 41 г и осталось в пищеварительном тракте 59 г. Из всосавшегося кальция обратно через стенки тракта поступило 3 г, т.е. в теле задержалось 38 г. С калом выделилось 76 г, из которых 62 г ($59 + 3$) были мечеными, а 14 г составлял обменный кальций из костей. Используя иные методики, в выделенном кале невозможно было бы различить невсосавшийся и обменный элементы.

О степени использования питательных веществ кормов и физиологическом состоянии животных при разных условиях кормления можно судить по состоянию их здоровья и биохимическим показателям обмена веществ:

- белкового - количественный состав белков плазмы крови, продуктов белкового распада в сыворотке крови, соотношение различных фракций азота в моче;

- углеводного - содержание в крови сахара, молочной кислоты;
- липидного - содержание в крови липоидов, недоокисленных продуктов распада жирных кислот и др.;
- минерального - содержание в крови неорганического фосфора, кальция и других элементов;
- витаминного - концентрация витаминов в крови, молоке и др.

Одновременно с этим по клиническим показателям характеризуют работу органов пищеварения, сердечно-сосудистой системы и др.

ЛЕКЦИЯ 4

Тема: «Оценка энергетической питательности кормов»

1. Этапы развития учения об оценке питательности кормов
2. Система оценка энергетической питательности кормов

1. Этапы развития учения об оценке питательности кормов

С развитием животноводства и науки о кормлении животных предпринимались попытки разработать методы оценки питательности кормов. Основой для разработки методов оценки явились фундаментальные законы физики и химии, открытия в области физиологии и биохимии животных и достижения в развитии общей биологии. По мере накопления знаний как о свойствах самих кормов, так и о преобразовании питательных веществ в продукцию животного способы выражения питательности кормов совершенствовались.

Впервые систему оценки питательности кормов предложил А. Тэер, по ней он сравнивал питательность кормов по их продуктивной ценности с сеном среднего качества. Он указывал, какое количество весовых единиц различных кормов способно обеспечить ту или иную продукцию животных, что и луговое сено: 1 кг картофеля- 0,5 кг сена, 1 кг овса- 2,0 кг сена, 10 кг свеклы- 2,0 кг сена, 5 кг клевера- 1,0 кг сена

Таким образом, А. Тэер был первым выразителем идеи о суммарной питательности корма через введение понятия сенного эквивалента - общей для всех кормов единицы сравнительного измерения их питательной ценности.

Данная система сенных эквивалентов широко применялась в животноводстве западноевропейских стран до 50-х годов XIX века.

Этот способ оценки питательности кормов был эмпирическим и не имел под собой физиологического обоснования.

По мере развития химии и физиологии, разработки схемы и методов химического анализа кормов в 50-х годах XIX века Э. Вольфом был предложен метод оценки питательности кормов по их химическому составу. Им были разработаны таблицы химического состава кормов, отражающие их питательную ценность.

В дальнейшем, на основании исследований Геннеберга и Штомана по переваримости питательных веществ в 1874 году вместо оценки кормов по валовому содержанию питательных веществ Э. Вольфом был предложен новый метод сравнительной оценки кормов - по сумме содержащихся в них переваримых питательных веществ (протеина, жира, углеводов). Оценка кормов по сумме переваримых веществ применялась во многих странах мира до начала XX века.

На основании исследований М. Рубнера Г. Армсби (1915) разработал схему энергетического баланса животного организма и ввел понятие о валовой, переваримой, физиологически полезной и чистой энергии корма. Им было предложено оценивать общую питательность кормов в единицах чистой энергии {термах}, отложенной в организме животного в виде белка и жира.

Дальнейшему совершенствованию оценки общей питательности кормов посвящены исследования О. Кельнера по определению баланса азота, углерода и энергии в опытах по кормлению волов. В серии балансовых опытов (около 100 опытов) в респирационных камерах было изучено использование углерода и азота чистых переваримых питательных веществ (белков, жиров, клетчатки, крахмала, сахара) на фоне поддерживающего кормления. Питательную ценность кормов О. Кельнер (1905) предложил выражать в абсолютных единицах в виде массы отложенного жира на единицу потребленного корма. За эквивалент питательной ценности кормов принят 1 кг переваримого крахмала, обеспечивающий отложение в теле взрослого вола 248 г жира {крахмальный эквивалент}.

Оценка питательности кормов, рассчитанная Кельнером и Армсби по продуктивному действию переваримых питательных веществ (чистая энергия жира), явилась первым научно обоснованным методом нормированного кормления животных во многих странах мира. На основе этого метода в разных странах были разработаны свои эквиваленты - кормовые единицы: в довоенной Германии — крахмальные эквиваленты Кельнера, в США — термы Армсби.

В Советском Союзе под руководством профессора Е.А. Богданова была разработана и принята (1933) овсяная кормовая единица. Все испытываемые корма сравнивались по жиरोотложению с 1 кг овса среднего качества, при скормливании которого в теле животного откладывается 0,15 кг жира.

В скандинавских странах на основании многочисленных исследований была разработана своя система оценки общей питательности кормов, и с 1915 года установлена единая скандинавская кормовая единица, равная 1 кг ячменя.

Таким образом, во всех странах мира к 50-м годам XX века стали применять в основном пять способов оценки энергетической питательности кормов: крахмальные эквиваленты, термы Армсби, сумму переваримых питательных веществ, скандинавскую (ячменную) и советскую (овсяную) кормовые единицы.

Длительное использование этих способов в практике высокоразвитого животноводства показало, что они имеют ряд недостатков и, прежде всего, не учитывают взаимодействие и соотношение в кормах и многокомпонентных рационах энергетической части со специфическими факторами питания — переваримым протеином, отдельными аминокислотами, витаминами и минеральными веществами. Поэтому в большинстве стран с развитым животноводством стала разрабатываться новая система оценки питательности кормов и рационов на основе прямого (или косвенного) учета обменной энергии и ее использования для поддержания жизни и образования продукции.

Энергетическую питательность кормов выражают для разных видов животных в единицах обменной энергии — мегаджоулях (МДж).

2. Система оценка энергетической питательности кормов

Крахмальные эквиваленты О. Кельнера. Разработанная О. Кельнером система оценки энергетической питательности кормов получила наибольшее распространение в практике животноводства многих стран в начале XX века. В основе этой системы заложен способ оценивания питательной ценности кормов по их продуктивному действию (жироотложению) на организм животного. Для этого Кельнер в серии балансовых опытов в респирационных калориметрах определил отложение жира и белка при скармливании взрослому волу различных питательных веществ (белков, жира и углеводов) в чистом виде на фоне поддерживающего кормления. В качестве чистых питательных веществ применяли крахмал, тростниковый сахар, целлюлозу, клейковину и эмульсию масла земляного ореха. В результате из 100 г переваримых веществ в организме вола отложилось следующее количество жира (отложенный белок переведен в жир по калорийности: 1 г жира имеет 9,5 ккал, 1 г белка — 5,7 ккал):

Поступило в организм чистых питательных веществ	Отложено в организме жира г
100 г переваримого белка	23,5
100 г переваримого крахмала	24,8
100 г переваримой клетчатки	24,8
100 г переваримого жира из грубых кормов	47,4
100 г переваримого жира из семян масличных культур	59,8
100 г переваримого жира из зерновых	52,6

Полученные по жироотложению цифры Кельнер назвал константами жироотложения чистых питательных веществ и использовал их для определения продуктивного действия различных кормов (жироотложения) по содержанию в них переваримых питательных веществ. Однако проверка различных натуральных кормов в другой серии опытов на волах показала, что переваримые питательные вещества этих кормов не обладают таким же про-

дуктивным действием, как переваримые питательные вещества в чистом виде.

Фактическое жиросложение в теле животного при скармливании натуральных кормов в большинстве случаев отличалось от расчетного с использованием констант жиросложения чистых питательных веществ. Особенно значительные расхождения отмечены при скармливании животным грубых кормов - сена на 37 % и соломы на 80 %.

Снижение жиросложения в теле животного при скармливании натуральных кормов Кельнер объяснял большими потерями энергии в процессе пищеварения в желудочно-кишечном тракте, особенно грубых кормов с высоким содержанием клетчатки. Поэтому для грубых кормов и травы он ввел поправку на переваривание клетчатки: 1000 г съеденной животными сырой клетчатки сена и соломы снижает отложение жира в теле на 143 г, мякотины - на 72 г, зеленого корма с 14 % клетчатки - на 131 г, с 10 % клетчатки - на 107 и с 6% клетчатки - на 82 г.

Для других кормов Кельнер установил показатели (коэффициенты) относительной ценности, характеризующие разницу между жиросложением ожидаемым и фактическим, выраженные в процентах: зерно кукурузы- 100, картофель- 100, зерно ячменя- 99, льняной жмых - 95, отруби пшеничные - 78, кормовая свекла - 81 и т. д.

В соответствии с разработанной Кельнером системой оценки энергетической питательности кормов им были составлены для практического применения кормовые таблицы, в которых он выражал продуктивное действие кормов не количеством отложенного жира, а количеством крахмала (в кг), эквивалентного по отложению жира 100 кг оцениваемого корма (крахмальные эквиваленты). В качестве примера это можно проследить при оценке продуктивного действия 100 кг лугового сена .

Определение жиросложения из 100 кг лугового сена

Расчет	Про	Ж	Кле	Б
Содержание в корме, кг	9,3	2	25,	39
Коэффициенты переваримости,	53	4	50	60
Содержание переваримых ве-	4,9	1	12,	23
Константы жиросложения, кг	0,23	0	0,2	0,
Ожидаемое жиросложение, кг	$1,15 + 0,57 + 3,17 + 5,90 = 10,79$			
Скидка на переваривание клет-	$25,6 \times 0,143 = 3,66$			
Фактическое жиросложение, кг	$10,79 - 3,66 = 7,13$			

Фактическое жиросложение в теле животного при потреблении 100 кг лугового сена составило 7,13 кг. Из одного килограмма переваримого крахмала в организме крупного рогатого скота откладывается 0,248 кг жира, поэтому $7,13 / 0,248 = 28,8$ крахмальных эквивалентов будут характеризовать энергетическую питательность 100 кг лугового сена.

Термы Армсби. Система оценки энергетической питательности кормов, предложенная Армсби, основана на изучении баланса энергии у откармливаемых волов и выражается в единицах чистой энергии {нетто энергии}, отложенной в продукции. В качестве единицы чистой энергии он использовал 1 терм, приравняемый к 1000 ккал, или 4,187 МДж. Для определения чистой энергии необходимо знать валовую энергию потребляемого корма, энергию кала и мочи, энергию кишечных газов и энергию теплопродукции организма (для поддержания температуры тела, мышечной работы и переработки корма). Чистую энергию определяют вычитанием из валовой энергии корма энергии кала, мочи, кишечных газов и энергии теплопродукции. За основу расчета чистой энергии Армсби брал так называемую физиологически полезную энергию (валовая энергия минус энергия кала, мочи и кишечных газов) и энергию теплопродукции. Для оценки энергетической питательности кормов в чистой энергии Армсби принял физиологически полезную энергию 1 кг переваримых веществ грубых кормов равной 3500 ккал и концентрированных от 3900 до 4400 ккал (в зависимости от содержания жира), а энергию теплопродукции в среднем 1000 ккал (от 800 до 1300 ккал).

Скандинавская кормовая единица. В отличие от систем оценки энергетической питательности кормов в единицах чистой энергии скандинавская система основана на определении сравнительной питательности разных кормов в научно-хозяйственных опытах по их влиянию на продуктивность животных. За единицу измерения питательности кормов был взят 1 кг ячменя, который с 1915 года считается кормовой единицей в животноводстве скандинавских стран. В многочисленных опытах на разных видах сельскохозяйственных животных была установлена питательность разных кормов по сравнению с ячменем. В качестве примера на 1 скандинавскую кормовую единицу для молочных коров приходится ячменя, ржи и пшеницы 1 кг, овса — 1,2 кг, силоса кукурузного — 9 кг, сена лугового — 2,5 кг, клевера зеленого — 6,8 кг, свеклы кормовой — 10 кг и т. д. Данный способ оценки общей питательности кормов является доступным для практики, хотя отражает сравнительную питательность кормов применительно к определенным условиям кормления и содержания животных.

Овсяная кормовая единица. В качестве кормовой единицы в животноводстве Советского Союза для оценки энергетической питательности разных кормов по предложению профессора Е.А. Богданова в 1933 году была принята питательность 1 кг овса среднего качества. Оценка энергетической питательности 1 кг овса основана на жиरोотложении у взрослого откармливаемого вола с использованием константов Кельнера. Поэтому за овсяную кормовую единицу принято такое количество переваримых питательных веществ, при усвоении которых в организме животных образуется 150 г жира. Одна овсяная кормовая единица соответствует 0,6 крахмального эквивалента Кельнера и характеризует энергетическую питательность различных кормов.

Энергетическую питательность корма в овсяных кормовых единицах рассчитывают на основании данных о фактической переваримости питатель-

ных веществ корма, показателей продуктивного действия переваримых питательных веществ и величины снижения продуктивного действия корма в зависимости от содержания в нем сырой клетчатки.

Оценка питательности кормов по сумме переваримых питательных веществ (СППВ). Данная система оценки питательности кормов и рационов довольно широко применяется в США и основана на определении суммы переваримых питательных веществ, выраженных в процентах.

$$\text{СППВ, \%} = \frac{\begin{array}{ccccccc} \text{переваримый} & & \text{переваримая} & & \text{переваримые} & & \text{(переваримый} \\ \text{сырой} & + & \text{сырая} & + & \text{БЭВ} & + & \text{жир} \times 2,25) \end{array}}{\text{потребленный корм}}$$

Достоинством этой системы оценки является простота в применении, поскольку расчеты производятся только на основе данных химического состава кормов. В то же время не учитываются потери энергии с мочой, газами и теплопродукцией. Поэтому данная система оценки питательности кормов заменяется на систему оценки по чистой энергии.

Оценка питательности кормов по чистой энергии в США. Данная система разработана американскими учеными Лофгрином и Гарреттом (1968) для растущего и откармливаемого крупного рогатого скота и Реттреем (1973) для растущих овец. В основу системы положено деление чистой энергии кормов на чистую энергию для поддержания жизни и чистую энергию для образования продукции.

Экспериментальным путем авторами установлена потребность животных в чистой энергии на поддержание жизни (теплопродукция животного в голодном состоянии). Для растущего крупного рогатого скота она составляет 77 ккал (322 кДж), а для растущих овец — 63 ккал (264 кДж) на 1 кг обменной массы тела. Общая потребность в чистой энергии на поддержание жизни рассчитывается умножением данных величин на обменную массу тела (живая масса тела в степени 0,75).

Потребность животных в чистой энергии на образование продукции зависит от их живой массы и величины среднесуточного прироста. Для определения данной потребности животных используют следующие уравнения:

$$\text{бычки: } \text{НЭп(кДж/сут.)} = (220,74x + 28,64x^2) \times W^{0,75};$$

$$\text{телочки: } \text{НЭп(кДж/сут.)} = (234,6x + 52,96x^2) \times W^{0,75},$$

где НЭп — потребность в чистой энергии на продукцию, кДж /сут.;

x — среднесуточный прирост живой массы, кг;

$W^{0,75}$ — живая масса в степени 0,75.

Предложенные уравнения определения потребности животных в чистой энергии на образование продукции основаны на определении энергии в приросте массы тела с использованием метода сравнительного убоя в начале и конце опыта.

Оценка питательности кормов по чистой энергии в Германии. Эта система оценки энергетической питательности кормов разработана учеными Института питания сельскохозяйственных животных имени О. Кельнера и основана на отложении чистой энергии в продукции крупного рогатого скота, свиней и птицы.

В практику животноводства Германии новая система введена в 1971 году с оценкой энергетической питательности кормов в энергетических кормовых единицах (ЭКЕ).

Энергетическая кормовая единица дифференцирована для крупного рогатого скота (ЭКЕ крс), свиней (ЭКЕ с) и птицы (ЭКЕ п).

1 ЭКЕ крс = 2500 ккал чистой энергии (10,5 МДж);

1 ЭКЕ с = 3500 ккал чистой энергии (14,6 МДж);

1 ЭКЕ п = 3500 ккал чистой энергии (14,6 МДж).

Потребности овец, коз и лошадей выражены в ЭКЕ крс, а кроликов — в ЭКЕ с. Дифференциация энергетической питательности кормов для разных видов сельскохозяйственных животных обусловлена их видовыми особенностями в переваривании и эффективности использования питательных веществ.

На основании экспериментальных данных энергетические кормовые единицы кормов рассчитывают по следующим уравнениям:

$ЭКЕ\text{ крс} = 0,684x_1 + 3,008x_2 + 0,804x_3 + 0,804x_4;$

$ЭКЕ\text{ с} = 0,73\text{ }1x_1 + 2,440x_2 + 0,846x_3 + 0,804x_4;$

$ЭКЕ\text{ п} = 0,737x_1 + 2,283x_2 + 0,91\text{ }1x_3 + 0,911x_4,$

Где x_1 — переваримый протеин, г/кг, x_2 — переваримый жир, г/кг, x_3 — переваримая клетчатка, г/кг, x_4 — переваримые БЭВ, г/кг.

При расчете энергетической кормовой единицы для крупного рогатого скота в рационы вносятся соответствующие поправки на переваримость энергии:

Новая система оценки энергетической питательности кормов в Германии предусматривает учитывать концентрацию энергии в 1 кг сухого вещества, переваримость энергии, переваримый сырой протеин, протеино-энергетическое отношение. Кроме этого, в новую систему оценки энергетической питательности входят такие показатели полноценности кормления, как содержание минеральных элементов, витаминов и других биологически активных веществ.

Оценка питательности кормов по обменной энергии. Система оценки энергетической питательности кормов в обменной энергии впервые разработана в Великобритании Блекстером (1965) для жвачных животных. Обменная энергия корма или рациона представляет собой часть общей (валовой) энергии и используется организмом животного для поддержания жизни и образования продукции. Энергетическую питательность кормов и рационов выражают в единицах обменной энергии - мегаджоулях (МДж) - по видам животных.

Согласно системе оценок питательности кормов в обменной энергии, эффективность ее использования зависит от живой массы, продуктивности животного и концентрации обменной энергии в 1 кг сухого вещества рациона.

Концентрация обменной энергии в сухом веществе кормов является основным показателем, определяющим эффективность использования обменной энергии на поддержание жизни животного и образование продукции.

Эффективность использования обменной энергии корма на поддержание жизни животного и образование продукции повышается с увеличением ее концентрации в 1 кг сухого вещества.

В нашей стране в 1963 году (И.С. Попов, Н.И. Денисов, А.П. Дмитроченко и др.) коллективом ученых разработана система оценки энергетической питательности кормов для молочных коров в обменной энергии. В качестве единицы энергетической питательности кормов и потребности животных в энергии предложена энергетическая кормовая единица (ЭКЕ), равная 2500 ккал обменной энергии. По этой системе потребность молочных коров в обменной энергии на поддержание жизни и на продуктивность не дифференцирована.

В дальнейших исследованиях коллективами ряда научно-исследовательских институтов страны под руководством Всероссийского института животноводства разработаны нормы потребности разных видов сельскохозяйственных животных в энергии (1985), исходя из оценки энергетической питательности кормов и рационов в обменной энергии.

Содержание обменной энергии в корме или рационе определяют двумя способами:

1) методом прямого определения при проведении балансовых опытов (обменных) на разных видах животных по разности содержания энергии в принятом корме и выделенной в кале и моче (у жвачных и в кишечных газах);

2) путем расчета по разработанным уравнениям на основании данных по содержанию переваримых питательных веществ.

Содержание обменной энергии в корме или рационе при проведении балансовых опытов рассчитывают по следующим формулам:

для жвачных животных и лошадей

$$ОЭ = Э_{\text{валовая}} - (Э_{\text{кала}} + Э_{\text{мочи}} + Э_{\text{газов}});$$

для свиней

$$ОЭ = Э_{\text{валовая}} - (Э_{\text{кала}} + Э_{\text{мочи}});$$

для птицы

$$ОЭ = Э_{\text{валовая}} - Э_{\text{помета}}$$

Расчетным способом содержание обменной энергии в корме или рационе определяют по следующим уравнениям:

для крупного рогатого скота

$$\text{ОЭ} = 17,46\text{пП} + 31,23\text{пЖ} + 13,65\text{пК} + 14,78\text{пБЭВ};$$

для овец

$$\text{ОЭ} = 17,71\text{пП} + 37,89\text{пЖ} + 13,44\text{пК} + 14,78\text{пБЭВ};$$

для лошадей

$$\text{ОЭ} = 19,46\text{пП} + 35,43 \text{ пЖ} + 15,95\text{пК} + 15,95\text{пБЭВ};$$

для свиней

$$\text{ОЭ} = 20,85\text{пП} + 36,3\text{пЖ} + 14,27\text{пК} + 16,95\text{пБЭВ};$$

для птицы

$$\text{ОЭ} = 17,84\text{пП} + 39,78\text{пЖ} + 17,71\text{пК} + 17,71\text{пБЭВ},$$

где пП — переваримый протеин, кг; пЖ — переваримый жир, кг; пК — переваримая клетчатка, кг; пБЭВ — переваримые безазотистые экстрактивные вещества, кг.

Содержание обменной энергии в переваримых питательных веществах различных кормов для жвачных животных рассчитывают по Ж. Аксельсону с учетом потерь энергии с выделенным метаном (4,5 г метана приходится на 100 г переваримых углеводов).

Содержание обменной энергии в зерновых рационах для свиней рассчитывают по следующим эквивалентам:

1 г переваримого жира = 9,3 ккал (38,9 кДж) обменной энергии;

1 г переваримого протеина = 4,5 ккал (18,8 кДж) обменной энергии;

1 г переваримых углеводов = 4,2 ккал (17,6 кДж) обменной энергии;

1 г суммы переваримых органических веществ = 4,4 ккал (18,4 кДж) обменной энергии.

В целях упрощения расчетов по переводу энергии переваримых органических веществ в обменную энергию кормов или рационов можно использовать поправочные коэффициенты (у жвачных — 0,84, а у свиней — 0,96), отражающие соотношение между обменной и переваримой энергией.

Содержание обменной энергии в отдельных кормах для птицы также рассчитано по коэффициентам обменной энергии переваримых органических веществ.

Использование системы оценки энергетической питательности кормовых смесей в обменной энергии в промышленном птицеводстве нашей страны позволило значительно повысить продуктивность птицы и сократить затраты кормов на производств продуктов птицеводства.

С переводом животноводства на промышленную основу ростом продуктивности животных повышаются требования к полноценности кормления. При этом, как показала передавая практика животноводства и более глубокие научные исследования, оценка энергетической питательности применяемых кормов в обменной энергии не отражает в полной мере их полноценность в плане влияния на рост, здоровье, плодовитость и продуктивность жи-

вотных. Полное проявление таких качеств у животных возможно только при обеспечении их кормами, содержащими не только доступную энергию, но и протеины, минеральные вещества, витамины и другие биологически активные вещества.

ЛЕКЦИЯ 5

Тема: «Проблема протеиновой питательности кормов»

1. Содержание сырого, переваримого протеина, аминокислот
2. Пути решения проблемы протеиновой питательности кормов
3. Научное обоснование полноценного протеинового питания жвачных и моногастричных животных
4. Современные методы контроля протеиновой питательности кормов

1. Содержание сырого, переваримого протеина, аминокислот

Наличие в кормах общего количества азотистых веществ определяет содержание сырого протеина, в состав которого входят белки и амиды — азотсодержащие вещества небелкового характера. Протеины кормов по своей питательности неодинаковы, и их различия обусловлены аминокислотным составом и структурой.

У животных с однокамерным желудком (свиньи и др.) протеин корма под влиянием протеолитических ферментов желудочного и кишечного соков переваривается до аминокислот, которые всасываются в кишечнике, поступают в воротную вену и через печень в общий круг кровообращения.

У жвачных животных несколько иной путь протеинового питания. Протеины съеденного корма в рубце частично расщепляются до аммиака, который используется микрофлорой рубца для синтеза микробного белка. Этот синтезируемый микробный белок вместе с протеином корма, оставшимся нерасщепленным, переваривается в последующих отделах пищеварительного тракта до аминокислот, которые и всасываются в кишечнике, попадая в кровь.

При нормальном протеиновом питании и полном обеспечении потребностей животных в протеине в сочетании с источниками энергии (углеводами и жирами), минеральными веществами и витаминами более 98 % всосавшихся в кровь азотистых веществ приходится на свободные аминокислоты. Поэтому протеиновая питательность кормов, так же как и потребность животных в протеине, характеризуется наряду с количеством сырого или переваримого протеина содержанием в них незаменимых аминокислот. Отсюда под протеиновой питательностью следует понимать свойство корма удовлетворять потребность животных в аминокислотах.

Аминокислоты являются конечным продуктом расщепления протеина кормов в пищеварительном тракте, они же служат структурным материалом для образования белков в теле животных. Аминокислоты и их производные участвуют в синтезе энзимов (ферментов), гормонов, защитных веществ (ан-

тител, антитоксинов и др.). В настоящее время известно по крайней мере 27 различных аминокислот, образующих белки животного происхождения.

Основной способ оценки протеиновой питательности кормов — биологический метод в опытах на животных. Он позволяет по приросту массы тела у молодых животных определять биологическую ценность различных протеинов кормов, скармливаемых на фоне стандартного рациона.

Уровень протеинового питания и качество самого протеина, которое характеризуется аминокислотным составом, оказывают прямое влияние на синтез белка в организме, определяющий прирост массы животного.

Биологическую ценность протеина корма определяют по балансу азота в организме животных. При этом рассчитывают коэффициент использования протеина, который свидетельствует, какой процент азота от переваренного откладывается в теле у растущих и откармливаемых животных или выделяется с молоком у лактирующих животных. Чем выше коэффициент использования переваренного азота в организме, тем полноценнее протеин корма.

О сравнительной биологической полноценности протеина различных кормов можно судить по содержанию мочевины в крови, которая является конечным продуктом обмена аминокислот. Избыточное потребление животными протеина, так же как и скармливание неполноценного по аминокислотному составу протеина, всегда вызывает увеличение концентрации мочевины в сыворотке крови по сравнению с физиологической нормой. Например, при оптимальном обеспечении аминокислотами растущих свиней содержание мочевины в сыворотке крови у них не должно превышать 15-16 мг в 100 мл. Увеличение количества мочевины в крови всегда ведет к снижению продуктивности животных, потому что для образования одной грамм-молекулы мочевины в печени животных из освободившегося при дезаминировании аминокислот аммиака затрачивается более 290 кДж обменной энергии.

Потребность животных в протеине и аминокислотах. Недостаток или чрезмерный избыток в корме протеина или неспособность организма использовать его изменяют течение биохимических процессов, нарушают нормальные жизненные функции, снижают продуктивность и нередко вызывают заболевания. Количество и качество протеина, необходимые животному при том или другом состоянии, характеризуют его потребность в нем.

Потребность сельскохозяйственных животных в протеине складывается из потребности его для поддержания жизни, в связи с репродукцией, лактацией, откормом и ростом.

У животных, которые в течение некоторого времени не дают продукцию, как, например, взрослые холостые животные, и не используются на работах, например рабочие лошади при продолжительном периоде покоя, затраты протеина на поддержание жизни незначительны и характеризуются так называемым белковым минимумом. Белковый минимум — это количество белка в кормовом рационе, необходимое для азотистого равновесия в организме, т.е. количество выделяемого с мочой и калом азота равно количеству азота, полученного животным с кормом.

Минимальное количество протеина в корме, при котором поддерживается азотистое равновесие при сохранении живой массы и здоровья, принимают за показатель потребности животного в протеине при поддерживающем кормлении. Потребность в протеине на поддержание жизни у животных разных видов различная, а у одного вида зависит прежде всего от живой массы, породы, индивидуальности, упитанности, условий содержания и др. Например, для взрослой холостой свиноматки живой массой 150 кг требуется в сутки 374 г протеина, 16 — лизина и 9,6 г метионина + цистина, а свиноматке массой 200 кг — соответственно 426; 18,3 и 11,0 г. Потребность в протеине у простаивающей лошади живой массой 400 кг составляет 900 г, а массой 600 кг - 1350 г в сутки.

Потребность в протеине у животных в связи с репродукцией по сравнению с поддерживающим кормлением повышается у производителей на продукцию семени, у самок - на рост плода и тканей матки, а также на компенсацию повышенного белкового обмена в период беременности. Зародыш через плаценту получает аминокислоты и нерасщепленные белки. В плоде белки синтезируются заново.

Потребность в протеине при лактации зависит от уровня продуктивности и содержания белка в молоке. Белки молока синтезируются из аминокислот, белков и полипептидов, содержащихся в крови лактирующих животных (корова, свиноматка, овцематка, кобыла и др.). На образование 1 л молока с содержанием 35 г белка молочная железа поглощает из крови около 67 г азотистых соединений — белков, полипептидов и аминокислот, используемых как структурный материал для синтеза молочного белка. Степень использования азотистых веществ плазмы крови зависит от аминокислотного состава протеина корма. Неполюценность протеина в рационе вызывает распад тканевого белка для снабжения молочной железы недостающими в корме аминокислотами. Сведений о биологической ценности протеина в разных кормах для лактирующих животных очень мало, поэтому не установлена потребность их в аминокислотах.

Исходя из данных о содержании аминокислот в белке молока и способности организма синтезировать и заменять аминокислоты в процессе обмена, выяснили, что на образование 1 кг коровьего молока, как минимум, требуется следующее количество аминокислот, г: лизина - 2,3; метионина - 1,2; триптофана — 0,8; аргинина — 1,3; гистидина - 0,6; валина — 2,5; лейцина — 3,6 и фенилаланина — 1,2.

Из незаменимых аминокислот для лактирующих животных особое значение имеют лизин, метионин и триптофан. Установлена высокая корреляция между биологической ценностью белков и содержанием в них лизина. Лактирующие животные, особенно жвачные, чаще испытывают недостаток в лизине, чем в других аминокислотах, так как большинство растительных кормов содержит мало лизина.

В настоящее время установлено, что лактирующим животным на производство молока требуется примерно в 1,5 раза больше протеина, чем его

содержится в молоке. Если учесть, что протеин корма у лактирующих животных используется на 22-25 %, то потребность переваримого протеина на получение 1 кг молока составляет у коров 60 г, овец — 100, лошадей — 40—45, свиней — 90 г.

Потребность в протеине и аминокислотах у растущих животных зависит от возраста, живой массы и суточных приростов. Белок является важнейшим веществом в составе новообразующихся тканей и органов растущего животного. Рост в постэмбриональный период сопровождается накоплением белка в организме. Например, в процессе роста в теле теленка содержится в среднем следующее количество белка, %: 6-месячного эмбриона - 18,6, при рождении - 17,8, в возрасте 6 мес - 19,3, 12 мес - 18,4, 26 мес - 18,6, 48 мес - 18,8. Таким образом, увеличение в теле количества белка - характерный показатель роста.

В процессе увеличения живой массы у растущих животных содержание белка в составе прироста молодняка крупного рогатого скота составляет при живой массе 40-80 кг в среднем 18,3 %, 80-160 кг - 19,5, 160-240 кг - 19,6, 240-320 кг - 17,3 %. Хорошо растущие телята и жеребята дают суточный прирост 800-1000 г, поросята - 500-600 г, в котором накапливается до 100-250 г белка в сутки.

Наиболее интенсивно процесс накопления белка идет в первые месяцы жизни, затем снижается и с окончанием роста почти прекращается. Например, у молодняка крупного рогатого скота на 1 кг живой массы в возрасте 8 сут приходится в среднем 4 г белка, 21 сут - 3, 44 сут - 2,4, 65 сут - 1,6, 100 сут - 1,2, 160 сут - 0,8, 300 сут - 0,5 и 840 сут - 0,09 г.

Интенсивность ассимиляционных процессов в организме у растущих животных является основным фактором, определяющим потребность молодняка в протеине. Чем полнее удовлетворяется эта потребность, тем интенсивнее будет рост. Потребность молодняка в протеине выражают количеством переваримого протеина в сутки для животных разной живой массы и прироста или в расчете на 1 корм. ед. рациона. Как правило, суточная потребность в протеине у растущих животных повышается с возрастом и увеличением массы тела, но на единицу массы она постепенно уменьшается по мере снижения интенсивности роста. Например, потребность молодняка крупного рогатого скота в переваримом протеине на 1 ЭКЕ рациона составляет в первые 3 мес жизни 130-150 г, в последующие 4-5 мес - 140-120, 7-9 мес - 120-110, 10-15 мес - 110-100, 16-26 мес - 100 г.

У откармливаемых животных потребность в протеине и аминокислотах зависит главным образом от возраста, живой массы и состава прироста. У молодых откармливаемых животных потребность в протеине определяется затратами на рост и накопление белка в теле. У взрослых животных, поступающих на откорм в состоянии средней упитанности, процесс откармливания сводится, по существу, к отложению жира. Поэтому для откармливания молодых растущих животных протеина необходимо значительно больше (на единицу массы тела), чем для взрослых.

При мясном и мясосальном откорме в теле подсвинков резервируется до 100-150 г белка в сутки. При недостатке протеина в корме рост задерживается, мышцы не достигают полного развития, в результате получаются туши, бедные мясом. Откармливаемому молодняку свиней при суточном приросте 500 г в протеине корма должно быть 12 г лизина и 7 г метионина + цистина, при массе 90-130 кг и суточном приросте 700 г - 17 г лизина и 12 г метионина + цистина.

У взрослых животных (крупный рогатый скот, овцы и свиньи) за сутки накапливается 7—40 г белка в расчете на 100 кг живой массы или до 20—80 г в 1 кг прироста массы. От уровня протеинового питания в значительной степени зависит состав прироста у откармливаемых животных, т.е. соотношение между белком и жиром. С повышением содержания протеина в рационе понижается процент жира в приросте.

У рабочих лошадей потребность в протеине обусловлена живой массой и физической нагрузкой. В обычных условиях кормления основным источником мышечной энергии служат углеводы, но чем напряженнее работа лошади, тем интенсивнее протекают пищеварительный процесс и обмен веществ и повышается потребность в протеине. Нормальное пищеварение у лошадей протекает при протеиновом отношении 1 : 10—11.

У лошадей функции нервной и сердечно-сосудистой систем, железистого аппарата и других систем обмена веществ зависят от уровня протеинового питания. При высоком уровне протеинового кормления одну и ту же работу лошади выполняют с меньшим напряжением, движения их быстрее, ритмичнее и более координированы, чем при поддерживающем протеиновом рационе. Азотистые вещества самой мышечной ткани являются важнейшими участниками промежуточных реакций, протекающих в работающей мышце. Оптимальный уровень азотистого обмена в организме работающего животного повышает преобразование потенциальной энергии питательных веществ в мышечную работу, ускоряет процессы ресинтеза в мышце и устраняет явления утомления.

При выполнении одной и той же работы лошадям, имеющим разную живую массу, требуется неодинаковое количество переваримого протеина. Например, при средней нагрузке лошадям с массой тела 400 кг необходимо 840 г протеина, 500 кг — 1050, 600 кг — 1260 г, лошадям массой 500 кг при выполнении легкой работы — 870 г, средней - 1050, тяжелой — 1200, а без работы — 670 г в сутки.

В практике кормления сельскохозяйственных животных применяют суммарные нормы потребности в протеине и аминокислотах с учетом вида, возраста, пола, физиологического состояния, направления хозяйственного использования, уровня продуктивности и др. В целях предупреждения нарушений обмена веществ, сохранения здоровья, увеличения продуктивности и повышения эффективности использования кормов необходимо тщательно балансировать рационы по протеину и аминокислотам в соответствии с требованиями норм потребности животных.

Источники кормового протеина и аминокислот. Основными источниками кормового протеина для сельскохозяйственных животных являются бобовые корма растительного происхождения - горох, соя, кормовые бобы, вика, люпин, клевер, люцерна, эспарцет, донник, козлятник, горец Вейриха, рапс, чина, чечевица и др.; отходы маслоэкстракционного производства — жмыхи и шроты; корма животного происхождения — мясная, мясокостная, кровяная, рыбная, китовая, крабовая и перьевая мука, молоко, обезжиренное молоко (обрат); продукты гидролизного производства — кормовые дрожжи; продукты микробиологической промышленности — паприн, эприн, гаприн, меприн, диприн и др.; продукты переработки утилизационных заводов -мясокостная мука и др.; отходы кожевенной промышленности -гольевая мездра, спилок, хромовая стружка; синтетические азотсодержащие вещества - карбамид, бикарбонат аммония, сульфат аммония, жидкий аммиак и аммиачная вода; синтетические аминокислоты и препараты лизина, метионина, триптофана, кормовой концентрат лизина (ККЛ) и др.

Хороший источник незаменимых аминокислот — корма животного происхождения. Лизина много в рыбной, мясной и мясокостной муке, обезжиренном молоке, кормовых дрожжах, соевом шроте; бедны лизином зерновые злаковые, отруби, корнеклубнеплоды. Метионином богата рыбная мука, подсолнечные жмых и шрот; в зерне злаковых и бобовых, корнеплодах его мало. Относительно бедны серосодержащими аминокислотами белок мясокостной муки и дрожжей. Рационы жвачных животных полезно обогащать натрия сульфатом — источником серы для микробиального синтеза метионина в рубце. Препараты метионина скармливают жвачным животным в форме, недоступной для воздействия микроорганизмов.

Триптофаном богаты рыбная, кровяная и мясная мука, жмыхи и шроты; бедны зерновые злаковые, особенно кукуруза и корнеклубнеплоды. Промышленность выпускает технический кристаллический триптофан (70 %). При балансировании рационов по триптофану необходимо контролировать содержание в них никотиновой кислоты и пиридоксина.

2. Пути решения проблемы протеиновой питательности кормов

1) Известно, что перевариванию и усвоению в организме животных протеина отдельных кормов препятствуют содержащиеся в них ингибиторы - вещества, тормозящие действие протеолитических ферментов в желудочно-кишечном тракте.

Особенно много ингибиторов содержится в зерне бобовых растений (горохе, сое, кормовых бобах, чечевице и др.). Разрушение ингибиторов в этом случае достигается тостированием — нагреванием корма до температуры свыше 100 °С при высоком давлении. Например, кратковременное нагревание бобов сои (2,5 мин) почти вдвое повышает биологическую ценность их протеинов. Часть аминокислот в протеине зерна бобовых находится в такой форме, в которой они не могут быть использованы животными. Тепловая обработка изменяет строение белка и повышает его усвояемость. Кроме того,

нагревание разрушает в бобовых кормах вещества, препятствующие протеолизу.

2) Полноценность протеина кормов, входящих в состав рациона, зависит во многом и от комбинации кормов. Для повышения полноценности используют принцип «дополняющего действия» протеинов различных кормов. Подбором кормов в рационе можно пополнить недостаток аминокислот в одних кормах за счет других и тем самым обеспечить более высокую биологическую ценность протеинов кормовой смеси. Так, например, протеины кукурузы бедны лизином, триптофаном и аргинином, а протеины соевого шрота содержат сравнительно много этих аминокислот. Смесь из кукурузы и соевого шрота является хорошим протеиновым кормом.

В опытах установлено, что полноценность зерна кукурузы в среднем равна 61 %, сои — 83 %, а полноценность смеси из 3 частей белка кукурузы и 1 части соевых белков составляет 75 % вместо ожидаемой расчетной $66,5 \% [(61 \cdot 3) + 83 : 4]$. Разница в 8,5 % (75 - 66,5) характеризует «дополняющее действие» белков кукурузы и сои.

Аналогичные результаты получают при комбинировании кукурузы с молоком и мясокостной мукой. Хорошо дополняют друг друга белки пшеницы и гороха; сена, травы и зерна злаковых и др.

Применение способа «дополняющего действия» белков имеет большое практическое значение при составлении рационов, кормовых смесей и комбикормов с использованием кормов животного происхождения, жмыхов, шротов, зерна бобовых и др.

Высокую биологическую ценность (75-90 %) имеют белки молока, сыворотки, пахты, отходов мясной и рыбной промышленности. Биологическая ценность белков зерна злаковых (пшеницы, овса, ячменя и др.) при скармливании свиньям и птице колеблется от 60 до 70 %, причем белки оболочек зерна и зародыша по биологической ценности выше, чем белки эндосперма.

Биологическая ценность белков в монокормах, приготовленных из целых растений зернофуражных культур в фазе молочно-восковой спелости, выше, чем белков кормов, приготовленных в отдельности.

Биологическая ценность белков большинства жмыхов и шротов равна 70 %, бобового сена при скармливании жвачным животным - 80, картофеля - 88, зеленой травы - 75-80 %.

Приблизительно биологическая ценность протеина в обычных кормовых рационах, состоящих из грубых, сочных и концентрированных кормов, составленных по научно обоснованной структуре, например, для крупного рогатого скота принимается в среднем за 65 %.

3. Научное обоснование полноценного протеинового питания жвачных и моногастричных животных

Значение белка, входящего в состав протеина кормов, чрезвычайно велико. Все жизненные процессы в животном организме связаны с белковым обменом. Животные должны систематически получать протеин с кормом, так

как белки тела непрерывно расходуются, а в случае полного исключения их из рациона наступает гибель.

Протеин корма необходим для построения белка тела молодых животных, возобновления изношенных тканей взрослых, образования белка молока у лактирующих животных, белка яиц у птиц-несушек, белка шерсти у овец и др. Около двух третей принятого азота корма включается в состав клеточных и тканевых белков.

Многие, если не все, белки действуют в организме как ферменты или составляют необходимую часть ферментов, гормонов, иммунных тел, гемоглобина и других жизненно важных соединений, с помощью которых осуществляются и регулируются обмен веществ или защита организма животного. В качестве электролитов они участвуют в поддержании водно-солевого равновесия в организме и способствуют транспорту ряда веществ. В некоторых случаях, а именно при недостатке в рационе углеводов и жиров или при избытке в нем белка, протеин может использоваться в качестве источника энергии.

В организме животного белки формируют соединения, обеспечивающие иммунитет, участвуют в процессе усвоения (на разных этапах) жиров, углеводов, минеральных веществ и витаминов. В отличие от жиров и углеводов они синтезируются из других питательных веществ и являются незаменимой частью пищи. Таким образом, животные для нормального роста, развития, репродукции, сохранения здоровья и максимальной продуктивности должны постоянно получать с кормами рациона определенное количество протеина в сочетании с углеводами, жирами, минеральными веществами и витаминами.

Амиды, входящие в состав протеина кормов, особое значение имеют лишь для жвачных животных (крупного рогатого скота и овец), так как стимулируют развитие и деятельность микрофлоры рубца. Благодаря хорошей растворимости в воде амиды являются более доступной пищей для микроорганизмов, чем белок. Будучи ассимилированными в рубце, они используются для построения микробного белка, который в тонком отделе кишечника переваривается и усваивается организмом. Поэтому в настоящее время оценивают протеиновую питательность кормов и нормируют протеиновое питание сельскохозяйственных животных не по белку, а по протеину.

Значение и роль отдельных аминокислот в обмене веществ неодинаковы и выяснены не для всех в равной степени. Аминокислоты, входящие в состав протеина кормов, неравнозначны для животных разных видов. Установлено, что часть аминокислот не может синтезироваться в организме животных и должна обязательно поступать с кормами. К ним относят лизин, метионин, триптофан, гистидин, лейцин, изолейцин, треонин, валин, аргинин, фенилаланин. Эти аминокислоты получили название незаменимых, а первые три аминокислоты — критических. Отсутствие или недостаток незаменимых аминокислот, особенно критических, в протеине кормов приводят к нарушению обмена веществ в организме, отрицательному азотистому балансу (азота

выделяется из организма больше, чем поступает), прекращению регенерации белков, потере аппетита, патологическим изменениям в нервной системе, органах внутренней секреции и другим последствиям. В результате этого у молодых животных задерживается или совсем прекращается рост, у взрослых животных ухудшается общее состояние здоровья, нарушается репродукция, снижается продуктивность.

Жвачные животные по сравнению с моногастричными и птицей могут восполнять дефицит незаменимых аминокислот за счет микробного синтеза в преджелудках.

Аминокислоты — серии, пролин, аспарагиновая кислота, глицин, глутаминовая кислота, аланин, цистин и др. — синтезируются в организме животных из азотсодержащих соединений, поступающих с кормом, и получили название заменимых. Незаменимость аминокислот обусловлена видом, возрастом и физиологическим состоянием животного. Так, например, растущий организм более нуждается в незаменимых аминокислотах, так как способность к переаминированию ограничена. Для взрослых животных незаменима только часть аминокислот; для лактирующих коров незаменимой аминокислотой считается лизин, а иногда — метионин и триптофан.

Для восстановления тканей, разрушенных в процессе обмена, полный набор аминокислот необязателен. Поэтому протеины, которые не в состоянии обеспечивать рост животных из-за отсутствия в них достаточных количеств незаменимых аминокислот, способны поддерживать нормальное состояние взрослых животных. Этим и объясняется ограниченная потребность в аминокислотах взрослых животных по сравнению с молодыми.

Аминокислоты протеина кормов, не участвующие в синтезе белка тела животного, подвергаются окислительному дезаминированию, которое является основным способом расщепления аминокислот в организме. При этом образуются аммиак, кето-кислоты и выделяется небольшое количество энергии. Образованный при расщеплении аминокислот аммиак в печени превращается в мочевину.

Важную роль в обмене азотистых соединений в тканях животного играет реакция переаминирования (трансаминирования) — переноса аминокислотной группы от аминокислот к кетокислотам, что дает возможность синтезировать новые аминокислоты. Посредством трансаминирования из соответствующих кетокислот образуются все заменимые аминокислоты. Если же в организме животного в процессе обмена не образуются заменимые аминокислоты, то они должны поступать с кормом и в данных условиях будут являться незаменимыми.

В рацион необходимо включать корма, содержащие как незаменимые, так и заменимые аминокислоты. Это экономически выгоднее, чем синтез последних в организме из незаменимых аминокислот. В то же время способность клеток организма превращать одни аминокислоты в другие корректирует ошибки в организации протеинового питания.

Роль отдельных аминокислот в кормлении животных неоднозначна. Из незаменимых аминокислот наиболее важное значение имеют критические аминокислоты — лизин, метионин, триптофан. Лизин в организме животных участвует в синтезе тканевых белков, триптофан — в обновлении белков плазмы крови, метионин — в процессах переаминирования, что приводит к образованию новых соединений: холина, креатина, адреналина, ниацина и др. Отсутствие в протеине корма метионина приводит к нарушению обмена веществ, сопровождающемуся морфологическими и функциональными изменениями. Наравне с холином метионин является основным фактором регуляции жирового обмена, особенно в печени. Поэтому рационы животных при болезнях печени, атеросклерозе, ожирении и многих других заболеваниях необходимо обеспечивать достаточным количеством метионина как липотропного вещества.

Аргинин в организме животных является катализатором синтеза мочевины, креатина мышц, инсулина и участвует в образовании спермы. Гистидин непосредственно участвует в энергетическом обмене организма, в синтезе гемоглобина и эритроцитов крови.

Ароматические аминокислоты -фенилаланин и тирозин играют равноценную роль в обмене веществ. Они вместе с триптофаном определяют физиологическую активность ферментов пищеварительного тракта, окислительных ферментов в клетках, а также многих гормонов. Тирозин используется помимо этого для синтеза тироксина и адреналина.

Серосодержащие аминокислоты - метионин, цистин и цистеин являются в обмене веществ частично взаимозаменяемыми. Цистин активирует инсулин. Вместе с триптофаном цистин участвует в синтезе желчных кислот, необходимых для всасывания продуктов переваривания жиров из кишечника, а также глутатиона.

Для нормального образования белка в растущем организме и восстановления белков тканей взрослого животного должны присутствовать одновременно все необходимые для синтеза аминокислоты в определенных соотношениях. Дефицит одной или нескольких аминокислот ограничивает биосинтез белков, ведет к нарушению азотного обмена. При условии недостатка одних аминокислот и избытка других последние не могут быть использованы для синтеза, а дезаминируются и продукты их обмена накапливаются в организме и служат причиной нарушения белкового обмена.

Таким образом, важно, чтобы из пищеварительного тракта аминокислоты поступали одновременно, равномерно и комплексно (в полном наборе). На образование белка в организме влияет фактор времени, так как его синтез не происходит при разновременном поступлении отдельных необходимых аминокислот. Установлено, что разрыв поступления между отдельными аминокислотами из пищеварительного тракта должен быть не более 2 ч.

Последствия протеиновой недостаточности и избытка белка в организме животных. Обмен белков и аминокислот нарушается при недостатке по-

ступления протеина либо при неудовлетворительном наборе аминокислот в кормах рациона.

Общий недостаток поступления протеина с кормом приводит к явлениям азотного голодания. Это отражается прежде всего на содержании плазменных белков, возникает гипопроteinемия, баланс азота становится отрицательным, уменьшается процентное содержание мочевины в общем азоте мочи.

При недостатке протеина в кормовом рационе и его качественном несоответствии снижается количество гемоглобина в крови прежде всего за счет глобина.

При длительном азотном голодании нарушается синтез ферментов, в связи с чем снижается ферментная функция печени, желез пищеварительного тракта и других органов. С мочой выделяется большое количество аминокислот, которые не могут быть нормально использованы из-за недостатка ферментов.

В период азотного голодания расходуются белки крови, содержание которых уменьшается в 1,5-2 раза, белки печени, расходуемые до 40 % нормального содержания, и, наконец, белки мышц и кожи, на которые в общей потере белка тела приходится до 60—70 %. Уменьшение белковых резервов организма приводит к снижению его резистентности. В то время как систематический избыток белка в корме может быть причиной токсических явлений, при этом чаще всего поражается печень.

Значительно чаще белковая недостаточность у животных вызывает различные заболевания. Нарушения переваривания протеина и всасывания аминокислот возможны при болезнях органов пищеварения, особенно кишечника. В связи с нарушением пищеварения ухудшается усвоение углеводов и жиров, что ведет к усиленному распаду белка в организме для образования энергии. Повышенный расход или увеличенные потери белка характерны для активной формы туберкулеза и многих инфекций, тяжелых травм и операций, обширных ожогов, злокачественных образований, болезней почек (нефротический синдром), массивных кровопотерь и т.д. К белковой недостаточности ведут продолжительные или неправильно составленные по качеству протеина лечебные рационы при болезнях почек и печени. Однако при любых заболеваниях соответствующая диета, обогащенная полноценным белком, уменьшает или предотвращает протеиновую недостаточность.

Протеиновая недостаточность приводит к ухудшению функций пищеварительной (особенно печени и поджелудочной железы), эндокринной, кроветворной и других систем организма, атрофии мышц. Нарушается усвоение других питательных веществ кормового рациона, что сопровождается соответствующими наслоениями, например гиповитаминозами, остеодистрофическими изменениями и другими заболеваниями, снижается сопротивляемость к инфекциям, замедляются процессы выздоровления, в частности заживление ран после операций и травм.

Избыток протеина также вреден в кормовом рационе. Это приводит к перегрузке печени и почек продуктами его распада, перенапряжению секреторной функции пищеварительного аппарата, усилению гнилостных процессов в кишечнике, накоплению в организме продуктов азотистого обмена со сдвигом кислотно-щелочного равновесия в кислую сторону. Поэтому при организации правильного протеинового питания необходимо соблюдать физиологические нормы потребности в протеине и аминокислотах здоровых и больных животных.

Ненормированное и неполноценное протеиновое питание приводит к задержке роста и развития молодых животных, нарушениям воспроизводительной функции у взрослых (плохая оплодотворяемость, перегулы, яловость маток, снижение плодовитости, рассасывание и мумификация плода, импотенция у производителей и др.).

Недостаток протеина и особенно аминокислот в рационе снижает использование питательных веществ кормов, в результате чего падает продуктивность (надой молока, приросты живой массы у растущих и откармливаемых животных, настриг шерсти у овец, яйценоскость у птицы и др.).

Наиболее ценным в биологическом отношении по аминокислотному составу считается рацион, в котором в среднем на 1 часть триптофана приходится 5 частей лизина, 4,5 — лейцина, 4 — валина, 4 — фенилаланина, 3 — метионина, 2,5 — изолейцина, 2,5 — треонина и 1,5 части гистидина. Это соотношение меняется в зависимости от вида животных и направления продуктивности.

4. Современные методы контроля протеиновой питательности кормов

Известно, что биологическая ценность протеина корма зависит не только от состава аминокислот, но и от их доступности, усвояемости, растворимости и расщепляемости, а также от сопутствующих им веществ в рационе: углеводов, жиров, витаминов, макро- и микроэлементов, гормонов, ферментов, различных антипитательных веществ, в том числе ингибиторов пищеварительных ферментов.

Доступность аминокислот — это скорость и полнота отщепления аминокислот от протеина корма под действием пищеварительных соков и интенсивность их всасывания в кровь. Доступность протеина и аминокислот зависит от переваримости питательных веществ, содержания в кормах инактивирующих веществ (например, ингибиторов трипсина в бобовых кормах), технологии (тепловой) обработки в процессе заготовки кормов и приготовления их к скармливанию, условий хранения. Нагревание сырья как технологический прием применяют при переработке семян масличных, высушивании зеленой травы, рыбной и мясокостной муки и др. Сильное самонагревание влажной зеленой массы при силосовании и сенажировании возможно при плохой трамбовке и герметизации. Все это приводит к образованию неусвояемых, устойчивых к протеолитическим ферментам комплексных соединений

аминокислот (особенно лизина) с сахаром, которые вызывают изменение цвета корма и его побурение. Кроме лизина в реакцию с углеводами вовлекаются метионин, аргинин, гистидин, тирозин и др. Переваримость протеина и доступность аминокислот кормов, подвергшихся самонагреванию (сена, силоса, сенажа и др.) и высокотемпературной сушке (травяная мука, мясная и рыбная мука), существенно снижаются. Умеренная влаготепловая обработка, например зерна бобовых, повышает усвояемость и доступность протеина и аминокислот.

Усвояемость — степень использования той или иной аминокислоты от общего их количества в кормовом рационе для удовлетворения функциональных и пластических потребностей организма, выраженная в процентах. Усвояемость зависит от комплектности и скорости поступления аминокислот в места синтеза белковых молекул, сбалансированности рациона по протеину и аминокислотам, углеводам, минеральным веществам и витаминам.

Под аминокислотной сбалансированностью понимают соответствие аминокислотного состава рациона потребностям животного организма. Степень сбалансированности определяют в процентах от нормы потребности той или иной аминокислоты, не допуская недостатка и большого избытка, так как это может привести к дисбалансу аминокислот и даже токсикозу. К наиболее потенциально токсичным относятся триптофан, метионин, серии, пролин, аланин и лизин.

В соответствии с современными принципами оценки протеиновой питательности корма для жвачных животных важное значение имеют не только общее содержание протеина и аминокислот, но и растворимость, расщепляемость. Растворимость — это физическое свойство протеина корма, которое характеризуется долей протеина, переходящей в растворимое состояние под действием рубцовой жидкости или буферных растворов, имитирующих ее. Расщепляемость — это ферментативный процесс, характеризующий собой распад протеина в рубце жвачных животных до аминокислот и аммиака. Растворимость и расщепляемость протеина кормов определяют экспериментально в аппарате «искусственный рубец», используя нейлоновые, дакроновые или лавсановые мешочки в рубце фистульных животных. Несмотря на принципиальные различия между растворимостью и расщепляемостью протеина кормов, эти два понятия иногда отождествляют. Такое отождествление правомерно лишь в тех случаях, когда ферментации в рубце подвергается только быстрорастворимая фракция общего протеина корма. Примером кормового протеина, у которого растворимость и расщепляемость могут быть очень близкими, служат синтетические азотсодержащие добавки и протеин силоса. Вместе с тем установлено, что растворимая фракция может содержать протеины, устойчивые к ферментативному гидролизу. Например, растворимые фракции протеинов соевой, рапсовой и мясной муки гидролизуются (расщепляются) с неодинаковой скоростью: протеин мясной муки ферментируется вдвое быстрее, чем соевой и рапсовой. Нерастворимые фракции протеина рапсовой и мясной муки гидролизуются в 2-4 раза мед-

леннее растворимых, а в соевой муке скорость ферментации обеих фракций одинаковая. Также установлено, что растворимая фракция протеина сена из люцерны с тимофеевкой, кукурузного силоса с мочевиной и без нее, сухой барды и сухой пивной дробины содержит белки с высокой устойчивостью к ферментации.

Таким образом, в нерастворимом протеине кормов выделяют две фракции: протеин, связанный с кислотно-детергентной клетчаткой, предположительно полностью недоступный животному, и нерастворимый доступный протеин, который может частично избежать расщепления в рубце, но остается доступным для животного.

Нерастворимый доступный протеин ферментируется в рубце жвачных с различными скоростями в зависимости от структуры белковых молекул. Например, мука соевых бобов и сухая барда содержат почти по 75 % общего протеина в нерастворимой доступной форме. Однако протеины соевой муки распадаются в рубце на 60—70 %, а сухой барды — всего на 10 %. Подобные особенности протеина разных высокобелковых кормов должны учитываться при промышленном производстве протеиновых добавок.

Исходя из особенностей использования жвачными животными микробного белка и кормового протеина при составлении рационов кормления, необходимо учитывать расщепляемость истинного белка (кормового) и небелковых азотистых веществ, которая примерно составляет соответственно 60 и 100 %. Например, высокопродуктивной корове с удоем 40 кг молока в сутки необходимо в рационе дать сырого протеина 4160 г/сут, из которого 2580 г — расщепляемого в рубце.

Контроль протеинового питания животных. В практике кормления сельскохозяйственных животных протеиновое питание контролируют по следующим показателям.

1. Содержание сырого и переваримого протеина в кормах рациона. В кормовых рационах крупного рогатого скота, овец, лошадей, кроликов учитывают содержание сырого и переваримого протеина и выражают в граммах на голову или в расчете на 1 ЭКЕ рациона, а также на 1 кг сухого вещества корма. Количество протеина, приходящееся на 1 ЭКЕ рациона, называется уровнем протеинового питания.

Уровень протеинового питания зависит от вида, возраста, физиологического состояния и хозяйственного использования животных. Например, у взрослого крупного рогатого скота уровень переваримого протеина в среднем составляет 100-110 г, свиней — 110—130, овец - 80-140 г, а у молодняка (телят, поросят, ягнят и др.) этот уровень всегда выше, чем у взрослых; у беременных животных (коров, маток, овец и др.) уровень протеинового питания также выше, чем у холостых; у откармливаемых животных ниже, чем у племенных. Уровень сырого протеина примерно на 40-50 % выше, чем переваримого.

Уровень протеинового питания сельскохозяйственной птицы определяется содержанием только сырого протеина в 100 г кормовой (сухой) смеси в

граммах или процентах. Например, в 100 г комбикорма для кур-несушек должно содержаться в среднем 17 г, или 17 %, сырого протеина. Уровень протеинового питания у птицы зависит от вида, возраста и продуктивности.

Протеиновое отношение в кормах и рационах. Протеиновое отношение — это отношение суммы переваримых безазотистых веществ (клетчатка + БЭВ + жир $\times 2,25$) к переваримому протеину. Оно бывает узкое (1 : 6), среднее (1:8) и широкое (1 : 10 и более). Протеиновое отношение в рационах для полновозрастных животных должно быть всегда средним, молодняка — узким, откормочных животных — широким. Несоблюдение протеинового отношения, так же как и уровня протеинового питания, приводит к снижению продуктивности животных.

Валовое содержание в кормовом рационе аминокислот, главным образом незаменимых. Уровень аминокислотного питания выражают чаще всего в процентах от сырого протеина корма. Например, уровень лизина в рационах свиней составляет в среднем 4,5 % от сырого протеина, т.е. если в рационе содержится 200 г протеина, то норма лизина в сутки будет составлять 9 г ($200 \cdot 4,5 : 100$).

В птицеводстве помимо этого показателя учитывают количество незаменимых аминокислот на голову в сутки, но с учетом содержания в рационе протеина. Например, для кур-несушек при наличии в рационе 14 % протеина требуется 2 г триптофана в сутки, а при содержании 17 % — 1,5 г.

Уровень аминокислотного питания зависит также от многих факторов, и в первую очередь от вида, возраста, продуктивности и др.

4. Биохимические показатели крови, мочи, молока и др., по которым в период диспансеризации животных ветеринарные врачи контролируют протеиновое питание.

Недостаток протеина и аминокислот в рационах животных, особенно свиней и птицы, нередко сопровождается снижением общего белка и изменением соотношения его фракций (альбу-90минов, альфа-, бэта- и гамма-глобулинов) в сыворотке крови. У жвачных наблюдается уменьшение или увеличение содержания аммиака в рубце, мочевины в крови.

Для выявления дефицита, доступности аминокислот рекомендуется определять содержание свободных аминокислот в плазме крови или мышцах с помощью аминокраммы и одновременно контролировать концентрацию мочевины и нуклеиновых кислот.

Аминокраммы служат одним из критериев при определении потребности животных в аминокислотах и их усвояемости из кормов различного состава и способа приготовления. В этом случае кровь берут через 3-5 ч после кормления из передней полой вены у свиней, из сердца у птицы, из яремной вены у жвачных.

Возрастание концентрации свободных аминокислот в плазме крови происходит при повышении потребления животными протеина. При дефиците протеина содержание свободных аминокислот обычно падает и, кроме то-

го, уменьшается отношение свободных незаменимых аминокислот к заменимым.

Недостаток какой-либо незаменимой аминокислоты снижает синтез белка в организме, а в плазме крови возрастает общее количество свободных аминокислот. При этом повышается интенсивность включения недостающей аминокислоты в белки тканей тела и наблюдается в плазме быстрое снижение ее уровня с нарушением соотношения свободных аминокислот.

Обогащение рационов свиней и птицы дефицитными аминокислотами способствует повышению их уровня в плазме крови, при этом концентрация других аминокислот может увеличиваться или уменьшаться.

Использование жмыхов, шротов, рыбной, мясной муки и других кормов со сниженной скоростью высвобождения аминокислот из-за перегрева в процессе их приготовления отражается на уровне свободных аминокислот плазмы (лизина, валина, лейцина, изолейцина и др.). Кормление по рационам с более высоким содержанием энергии приводит к снижению уровня свободных аминокислот в плазме. Ускоренный рост поросят и цыплят также приводит к снижению свободных аминокислот в плазме. У лактирующих свиноматок концентрация свободных аминокислот ниже, чем у супоросных.

Скармливание карбамида жвачным животным вместо, например, жмыхов и шротов влияет на характер аминокислотных профилей: наблюдаются уменьшение общей суммы аминокислот, особенно лизина, метионина, гистидина, и увеличение глицина, валина, глутамина. Содержание свободных аминокислот в плазме крови отражает их концентрацию в мышцах. На аминокислотных профилях выявляют также антагонистические отношения между отдельными аминокислотами.

Для контроля протеинового питания и белкового обмена исследуют мочу, в которой определяют общий азот и его фракции - азот мочевины, аммиака и аминокислот, величину pH, ставят ляписную пробу и пробу на белок. При полноценном протеиновом питании в моче низкое содержание азота аммиака (до 10 мг/100 мл) и аминокислот (10-40 мг/100 мл), азот мочевины в норме, ляписная проба отрицательная, белок отсутствует, pH нейтральная и соответствует виду животного.

Увеличение общего азота в моче указывает на недостаточное использование азота корма в связи с низким качеством протеина рациона. Избыток протеина в корме приводит к высокому содержанию в моче азота мочевины, иногда до 85 % от общего азота в моче. Кроме того, при избытке протеина в корме, и особенно при неудовлетворительном его качестве, возрастает количество аминокислот (аминного азота), которые не могут полностью дезаминироваться, и часть их попадает в мочу. При недостатке протеина в рационе снижается азот мочевины и возрастает азот пуриновых оснований. При появлении заметных количеств гистамина в моче результат ляписной пробы положительный (черный осадок). О нарушении белкового обмена свидетельствуют наличие в моче белка и снижение его в молоке лактирующих животных.

ЛЕКЦИЯ 6

Тема: «Углеводная питательность кормов»

1. Углеводы кормов, их классификация и содержание в кормах
2. Формы проявления недостаточности углеводов в кормах и их значение в питании животных
3. Клетчатка и ее роль в обеспечении полноценного кормления жвачных и моногастричных животных
4. Контроль углеводного питания.

1. Углеводы кормов, их классификация и содержание в кормах

Преобладающую часть сухого вещества большинства растительных кормов составляют безазотистые вещества, среди которых значительное место (до 80 %) занимают углеводы. Углеводы - большая группа разнообразных соединений с различными свойствами и ролью, которую они исполняют в организме животных. Углеводы кормов различаются по своим физическим и химическим свойствам, по превращениям в пищеварительном тракте и по участию в обмене веществ.

Углеводы состоят из углерода, водорода и кислорода. Обычно их разделяют на следующие группы:

- моносахариды, в их состав входят пентозы (арабиноза, ксилоза, рибоза) и гексозы (глюкоза, фруктоза, галактоза, манноза);
- дисахариды — сахароза, мальтоза, лактоза, целлобиоза;
- трисахариды- раффиноза.
- полисахариды включают в себя пентозаны (арабан, ксилан) и гексозаны (декстрин, крахмал, целлюлоза — клетчатка, инулин, гликоген);
- прочие полисахариды- гемицеллюлозы, лигнин, смолы, слизи и пектиновые вещества.

Углеводы по роли в обмене веществ подразделяют на:

- энергетические - крахмал, сахарозу, глюкозу, мальтозу, фруктозу и др.,
- структурные — лактоза, манноза, галактоза, раффиноза, рибоза и др.

По превращениям в пищеварительном тракте животных различают:

- легкоусвояемые — это моносахариды, дисахариды и полисахарид крахмал;
- трудноусвояемые — все полисахариды, за исключением крахмала.

Большое разнообразие углеводов, входящих в состав кормов, определяет их углеводную питательность.

Моносахариды (простые углеводы) легко растворимы в воде, трудно — в спирте и нерастворимы в эфире и бензоле. Простые углеводы всасываются через кишечную стенку в кровь без предварительного расщепления. Однако скорость всасывания моносахаридов разная: наиболее высокая у глюкозы и галактозы, средняя у фруктозы и низкая у ксилозы и арабинозы.

Пентозы встречаются чаще всего как остаточные продукты ферментации. Рибоза присутствует во всех клетках животного организма в качестве компонента рибонуклеиновых кислот (РНК), а также в составе некоторых ферментов и витаминов.

Гексозы у жвачных животных в рубце быстро сбраживаются при участии населяющих его бактерий и инфузорий с образованием молочной и летучих жирных кислот (ЛЖК). Поступление большого количества глюкозы и фруктозы в рубце приводит к накоплению молочной кислоты, что оказывает вредное действие.

Из дисахаридов особенно широко встречается в кормах в свободном состоянии только сахароза. Мальтоза получается при расщеплении крахмала, а целлобиоза — целлюлозы (клетчатки). Лактоза — единственный углевод, содержащийся в молоке животных. Сахароза, мальтоза и лактоза хорошо растворяются в воде, однако из кишечника они всасываются после расщепления на соответствующие моносахариды. Сахароза сбраживается в рубце жвачных животных так же интенсивно, как глюкоза и фруктоза, с образованием молочной кислоты и ЛЖК, мальтоза и лактоза сбраживаются медленнее.

Из трисахаридов в кормах присутствует лишь раффиноза. Она содержится в сахарной свекле и кормах из отходов хлопчатника. Интересно отметить, что в процессе хранения сахарной свеклы количество раффинозы в ней возрастает. В раффинозу входят по одной молекуле глюкозы, фруктозы и галактозы.

Полисахариды (сложные углеводы) в воде нерастворимы, при переваривании они расщепляются до моносахаридов. Из полисахаридов в кормлении жвачных животных основное значение имеют крахмал, целлюлоза (клетчатка) и гемицеллюлоза, для свиней и птицы — крахмал. Крахмал под действием амилазы слюны (у свиней), поджелудочного сока и ферментов кишечного сока превращается в моносахариды, которые всасываются в кишечнике. Целлюлоза и гемицеллюлоза пищеварительными соками не перевариваются, и их значение в питании моногастричных животных и птицы невелико. У свиней переваривание клетчатки происходит под влиянием микроорганизмов в нижнем отделе кишечника. У жвачных в рубце под действием микрофлоры клетчатка сбраживается с образованием ЛЖК, являющихся для них основным источником энергии.

К полисахаридам принадлежат также пектиновые вещества, лигнин и др. Пектины встречаются во всех кормах, их особенно много в корнеплодах; при их гидролизе образуются простые углеводы и уроновые кислоты, играющие существенную роль в обмене веществ. Лигнин высокоустойчив к воздействию химических и биологических факторов. Он всегда связан с целлюлозой, не переваривается и препятствует перевариванию других связанных с ним полисахаридов.

Содержание углеводов в кормах неодинаковое. Например, крахмала много в клубнях картофеля, сахарозы — в свекле, моркови и других корне-

плодах и бахчевых, целлюлозы (клетчатки) — в грубых кормах (сене, соломе и др.); лактозы — в молоке. Манноза содержится в зерне ячменя и пшеницы, ее много в хвое, кормовых дрожжах; галактоза — в молочном сахаре, корнеклубнеплодах, жмыхах, льняном семени. Раффинозы сравнительно много в сахарной свекле, в зерне ржи и пшеницы.

В практике кормления сельскохозяйственных животных углеводная питательность кормов для крупного рогатого скота характеризуется содержанием сырой клетчатки, крахмала и Сахаров; для свиней, лошадей, кроликов и птицы — сырой клетчатки.

Углеводная питательность кормов значительно обусловлена как набором и соотношением разных фракций углеводов, так и содержанием других питательных веществ. Эти изменения зависят от условий выращивания, сроков уборки, технологии заготовки и приготовления кормов.

2. Формы проявления недостаточности углеводов в кормах и их значение в питании животных

В зависимости от уровня и напряженности обмена, от обеспечения другими питательными веществами (аминокислотами, минеральными веществами и витаминами) необходимо, чтобы с кормами в организм поступали определенные формы углеводов.

Жвачные животные нуждаются в углеводах не только как в источнике энергии и веществах для обменных превращений, но и для нормального функционирования микрофлоры рубца. Деятельность микрофлоры зависит от характера рациона и формы углеводов - быстро и интенсивно ферментируемых или, наоборот, с умеренной скоростью.

Микрофлора рубца чувствительна к форме поступающих углеводов, так как от этого зависят ее состав и активность, количество и состав продуктов брожения. Кроме того, например, у моногастричных животных замена труднорастворимых углеводов в рационе легкоусвояемыми приводит к повышению потребности в витаминах комплекса В и незаменимых аминокислотах.

Крахмал, сахароза, глюкоза, мальтоза, фруктоза и другие содержащиеся в кормах углеводы необходимы животным как источник энергии и определяют уровень энергетического питания. При окислении 1 г углеводов в организме выделяется в среднем 17 кДж энергии. Они влияют на интенсивность обмена жиров и белков. Энергетические углеводы в организме окисляются до диоксида углерода и воды с выделением энергии, которая необходима для поддержания нормальной температуры тела, работы мышц и функционирования внутренних органов. Излишнее количество углеводов кормов, поступивших в организм животного, откладывается в виде гликогена и жира.

Таким образом, углеводы в виде гликогена и жира служат резервными веществами в теле животных. Отложение жира за счет углеводов, например, у свиней является генетическим признаком. При откорме крупного рогатого

скота, овец и других видов животных с целью получения жирного мяса необходимо, чтобы в корм входило избыточное количество углеводов. Углеводы необходимы также для работы мышц и тканевого дыхания клеток, причем освободившаяся при окислении их до диоксида углерода и воды энергия обеспечивает процессы мышечного сокращения. При мышечной работе содержание глюкозы в крови и гликогена в мышцах понижается. Всякое понижение глюкозы в крови вызывает расщепление гликогена в печени. И этот процесс продолжается до тех пор, пока содержание глюкозы в крови не дойдет до нормального уровня.

Лактоза, манноза, галактоза, раффиноза, рибоза и другие углеводы как структурный материал входят в состав клеток, органов и тканей. Они принимают участие в синтезе аминокислот в организме, способствуют повышению (в 2 раза) усвоения кальция корма, ускоряют процессы окостенения костной ткани и принимают участие в передаче генотипа. Скармливание кормов, содержащих структурные углеводы, особенно полезно молодняку, беременным и лактирующим животным, у которых минерализация костяка и образование кальциевых соединений в молоке имеют первостепенное значение. Длительное кормление животных рационами с недостаточным количеством структурных углеводов сопровождается задержкой роста, снижением молочной продуктивности и увеличением костных заболеваний.

Для жвачных животных углеводы нужны для обеспечения жизнедеятельности микрофлоры (микроорганизмы, инфузории, простейшие) рубца, которая зависит от углеводного состава рациона и требует разных форм углеводов — иногда легко- и быстроусвояемых и интенсивно ферментируемых, таких, как сахар, крахмал, а иногда, наоборот, с умеренной скоростью усвояемости или трудноусвояемых, таких, как клетчатка, декстрин, инулин. Например, для усиления микробного синтеза аминокислот и витаминов группы В и К в рубце жвачных требуется сахар корма, а для синтеза ЛЖК, являющихся предшественниками жира молока, требуется клетчатка. Поэтому при нормировании углеводного питания жвачных животных особое внимание обращают на регулирование содержания в кормовых рационах сахара и клетчатки. Недостаток в кормах этих углеводов, например, у дойных коров ведет к снижению синтеза аминокислот и витаминов в организме и катастрофическому падению жирности молока.

Понижение жирности молока чаще всего наблюдается при кормлении коров по рационам, в структуре которых грубые корма, богатые клетчаткой, составляют менее одной трети переваримого сухого вещества.

Из группы углеводов кормов для животных имеют большое значение пектиновые вещества, обладающие бактерицидными свойствами. В организме они служат обезвреживающим агентом многих вредных веществ (фенолы и др.). Физиологическая функция пектинов заключается также в защите организма животных от различных токсических веществ, образующихся в результате обмена. Пектины способствуют выведению из организма тяжелых

металлов. Пектиновые вещества содержатся в свекле, моркови и других корнеплодах, а также фруктах (яблоках и др.).

3. Клетчатка и ее роль в обеспечении полноценного кормления жвачных и моногастричных животных

Причем при нормировании клетчатки учитывают содержание в кормах и рационах нейтрально-детергентной (НДК) и кислотно-детергентной клетчатки (КДК). К первой группе относят главным образом целлюлозу и лигнин, которые не растворяются в кислотном детергенте. Чем меньше КДК, тем выше переваримость и доступность энергии и питательных веществ грубого корма. Ко второй группе относят КДК и гемицеллюлозы, которые не растворяются в нейтральном детергенте. Чем меньше НДК, тем больше животное поедает грубого (фуражного) корма, поэтому низкое содержание НДК в корме желательно. Установлено, что нерастворимый протеин корма, связанный с кислотно-детергентной клетчаткой, является почти полностью недоступным животному.

Особенно необходима клетчатка в полной мере для дойных коров в летний пастбищный период. Недостаток клетчатки в молодой траве повсеместно является главной причиной снижения жирности молока в первые 3—5 нед пребывания животных на пастбище. Лишь по мере вегетации растений, когда содержание клетчатки в них достигнет 22-23 %, жирность молока восстанавливается. Но если дополнительно к зеленому корму в течение двух недель после выгона животных на пастбище давать коровам грубый корм (сено) хорошего качества, то жирность молока удерживается на исходном уровне. Поэтому в хозяйстве необходимо иметь запас хорошего грубого корма на первый период пастбищного содержания коров.

Важную функцию по поддержанию генетически обусловленного уровня жирности молока коров выполняет не сама клетчатка рациона, а продукты ее микробного расщепления в преджелудках животного. Образующиеся при этом низкомолекулярные ЛЖК (уксусная, пропионовая и масляная) всасываются в кровь, поступают в молочную железу, где и участвуют в синтезе примерно половины всего молочного жира в удое. Следует подчеркнуть, что участие этих кислот в биосинтезе молочного жира возможно лишь в том случае, если они образуются в последовательности примерно 3:1:1. Это значит, что на 3 части уксусной кислоты должно приходиться по 1 части пропионовой и молочной кислот. Такое соотношение ЛЖК у лактирующих животных достигается лишь при оптимальном уровне сырой клетчатки в рационе — 20—25 % от сухого вещества корма.

Когда в кормах рациона недостает клетчатки, тормозится выделение у животных слюны, которая обычно снижает кислотность в рубце. А закисление содержимого рубца приводит к уменьшению размножения и ослаблению активности микрофлоры, расщепляющей клетчатку, и, как следствие, снижается образование в рубце уксусной кислоты — основного источника молочного жира.

У животных с однокамерным желудком (свиней, лошадей и др.), а также птицы и плотоядных животных клетчатка обеспечивает моторику (перистальтику) кишечного тракта. Недостаток сырой клетчатки в кормах рациона нежвачных животных ведет к дискенизации кишечника и различного рода желудочно-кишечным заболеваниям, а недостаток клетчатки, например, в рационах супоросных маток приводит к агалактии после опороса.

3. Контроль углеводного питания.

Согласно существующим детализированным нормам кормления сельскохозяйственных животных углеводное питание крупного рогатого скота нормируют по содержанию в кормах и рационах сырой клетчатки, сахара и крахмала; овец, свиней, лошадей, кроликов и птицы — только по сырой клетчатке. Потребность крупного рогатого скота в сырой клетчатке в среднем составляет 20—25 %, сахаре — 8—10, крахмале — 10—13 % от сухого вещества корма в рационе. Содержание сырой клетчатки в сухом веществе кормовых рационов взрослых овец должно быть около 25—27 %, свиней — 5—10 (супоросных маток — 14 %), лошадей — 15—18, кроликов — 10—20; птицы: кур — 4—5, гусей и уток — до 10 % (см. раздел III. Нормированное кормление животных разных видов).

Для контроля углеводного питания жвачных животных приняты следующие показатели: количество легкоусвояемых (сахар и крахмал) и трудноусвояемых углеводов (сырая клетчатка), а также сахаропротеиновое соотношение в рационах; содержание глюкозы в сыворотке крови и наличие кетонных тел в крови и моче; содержание сахара в молоке лактирующих животных; содержание и соотношение в рубцовой жидкости низкомолекулярных ЛЖК (уксусной, пропионовой и масляной).

Данные о содержании углеводов в кормах и рационах сравнивают с нормами потребности в них, устанавливая таким образом их дефицит или избыток. Оптимальное соотношение сахара к переваримому протеину в рационе коров и быков составляет 0,8—1,2, овец — 0,5—0,9, т.е. на 100 г переваримого протеина в рационе должно приходиться минимально 50—80 г, максимально 90-120 г сахара.

Контроль и нормирование сахаропротеинового отношения в рационах жвачных животных — необходимое условие нормального течения физиологических процессов в организме. При этом лучше усваиваются протеин, органические кислоты, каротин и минеральные вещества, повышается микробный синтез аминокислот и витаминов В и К, а также создаются благоприятные условия для жизнедеятельности полезной микрофлоры в рубце, что способствует сохранению здоровья и повышению продуктивности. Длительное скармливание рационов, несбалансированных по отношению сахара к протеину, например, стельным коровам приводит к рождению физиологически незрелых (у новорожденных отсутствует акт сосания) и подверженных диспепсии телят.

Для балансирования сахаропротеинового отношения в рационы животных включают корнеплоды, кормовую патоку (мелассу) или проводят осоложивание части концентрированных кормов. Особое внимание обращают на нормирование отношения сахара к протеину при силосном типе кормления, а также при максимальном использовании в рационе жома и барды, так как эти корма не содержат Сахаров.

Биохимические исследования крови, мочи, молока и рубцовой жидкости характеризуют состояние углеводного обмена у жвачных животных. При полноценном углеводном питании в крови крупного рогатого скота содержится 50—60 мг% глюкозы, 4—6 мг% кетоновых тел (из них ацетон и ацетуксусная кислота составляют 0,2—1,4 мг%); в рубцовой жидкости — 60 % уксусной кислоты, 20 % пропионовой и 20 % масляной кислоты.

Контроль углеводного питания свиней, лошадей, кроликов и птицы проводят по содержанию в кормовых рационах сырой клетчатки, сравнивая с нормами потребности в ней животных.

ЛЕКЦИЯ 7

Тема: «Липидная питательность кормов»

1. Липиды кормов, их классификация
2. Значение липидов в питании животных
3. Научные основы полноценного липидного питания

1 Липиды кормов, их классификация

Понятие о липидной питательности кормов, классификация и содержание липидов в кормах. Жиры и жироподобные вещества, входящие в корма, называют липидами. Жироподобные вещества в составе липидов включают в себя фосфатиды, стероиды, воски, смолы, эфирные масла, пигменты (хлорофилл, каротиноиды и др.), витамины А, D, E, K и др. Например, сухое вещество листьев травы содержит 4-6 % липидов, из которых жиры (нейтральный жир) составляют 1,5—4 %, воски — 0,5—1,0, стероиды — 0,5—1,0, фосфатиды совместно с солями фосфорной кислоты - 0,5-1,0 %.

Разнообразные химические вещества, содержащиеся в липидах, имеют общие физико-химические свойства: не растворяются в воде, но хорошо растворяются в органических растворителях — эфире, бензине, бензоле, ацетоне, сероуглероде, дихлорэтаноле, хлороформе.

Липиды бывают простые и сложные.

Простые липиды содержат углерод, водород, кислород и нейтральные жиры (истинный жир).

Сложные липиды (липоиды) — азот и фосфор помимо углерода, водорода и кислорода. В группу липоидов входят главным образом жироподобные вещества: фосфолипиды (фосфатиды), стероиды (стероиды), гликолипиды, сульфоллипиды, каротиноиды, хлорофилл и др. Кроме того, липиды кор-

мов делятся на омыляемые и неомыляемые. В омыляемую группу преимущественно входят жиры, фосфатиды и стероиды.

Липиды находятся во всех кормах растительного, животного и микробного происхождения в форме запасных липидов и протоплазматических липидов, входящих в состав клеточных структур, главным образом мембран различных органелл. Содержание протоплазматических липидов, например, в зеленых кормах может достигать 1,5 % сырой массы, а содержание запасного жира в злаковых зерновых кормах — 3 %.

Жиры (истинные или нейтральные жиры). Представляют собой смесь сложных эфиров (триглицеридов) глицерина и высокомолекулярных жирных кислот. Свойства жиров кормов зависят от свойств жирных кислот. Все жирные кислоты, входящие в состав липидов, делятся на насыщенные, т.е. не содержащие двойных связей, и ненасыщенные, или непредельные, содержащие двойные связи. Из жирных кислот в составе липидов наиболее часто встречаются 20. К насыщенным кислотам, содержащимся в липидах, относятся пальмитиновая, стеариновая, ара-хиновая и бегеновая; к ненасыщенным — олеиновая, линолевая, линоленовая и арахидоновая. В животных запасных и тканевых жирах содержатся пальмитиновая и стеариновая кислоты. В жире молока много (до 40 % от всех жирных кислот) низших насыщенных кислот — масляной, каприловой, миристиновой и др. Из ненасыщенных жирных кислот в животных жирах распространена олеиновая кислота. Растительные жиры преимущественно состоят из ненасыщенных жирных кислот. Так, например, в свином сале 40 % насыщенных кислот, а в кукурузном или соевом масле 11 — 12%. Животные не могут синтезировать ненасыщенные высокомолекулярные жирные кислоты, поэтому они должны получать их с кормами.

Качество жира кормов сказывается на свойствах жира тела животных. К числу констант, определяющих эти свойства, относятся температура плавления, число омыления, йодное число и др. Жиры с высокой долей ненасыщенных и низкомолекулярных жирных кислот имеют более низкую точку плавления, чем жиры из насыщенных высокомолекулярных жирных кислот. Чем больше в составе жира низкомолекулярных жирных кислот, тем выше его число омыления. Ненасыщенные жирные кислоты имеют свободные связи, к которым могут присоединяться галоиды, поэтому жиры, содержащие мало ненасыщенных кислот, имеют низкое йодное число, и наоборот.

Растительные корма из семейства крестоцветных (рапс и др.) содержат больше ненасыщенных жирных кислот, чем корма, приготовленные из злаковых и бобовых растений.

Жиры кормов, особенно жировых добавок, под влиянием кислорода воздуха, света и воды, при участии ряда ферментов (например, липоксигеназы), содержащихся в кормах, в процессе хранения портятся (прогоркают), и питательная ценность их значительно снижается. При этом жиры приобретают неприятный запах и корм становится практически несъедобным, а в некоторых случаях даже вреден. При прогоркании жиров, содержащих в своем

составе низкомолекулярные жирные кислоты, высвобождаются масляная и другие кислоты, которые и придают очень неприятный запах.

Жиры кормов с содержанием большого количества ненасыщенных жирных кислот прогоркают быстрее и сильнее, чем жиры с меньшим их содержанием. Под действием кислорода воздуха происходит окисление непредельных жирных кислот. Кислород присоединяется по месту двойных (непредельных) связей с образованием так называемых органических пероксидов, которые затем распадаются с высвобождением различных альдегидов и кетонов, обладающих неприятным запахом и вкусом. Поэтому при продолжительном хранении кормовых жиров и кормов с повышенным их содержанием и для предотвращения окислительного прогоркания жиров корма смешивают с антиоксидантами (антиокислителями), которые даже в малых количествах предохраняют кормовые жиры от порчи.

Наиболее эффективными антиокислителями являются токоферол (витамин Е) и его производные и сантохин. Например, в комбикорма и кормовые смеси антиоксиданты вводят в количестве 120—150 г на 1 т в зависимости от содержания жира в корме. Если в корме жира содержится более 6 %, то долю антиокислителей увеличивают в 1,5—2 раза.

Фосфатиды (фосфолипиды). Это липиды, которые отличаются от истинных жиров тем, что в их состав входят глицерин, высокомолекулярные жирные кислоты, фосфорная кислота и азотсодержащие соединения - серии, холин, этаноламин. В связи с наличием в структуре фосфорной кислоты фосфатиды отличаются от жиров большой реакционной способностью. Это самые подвижные липиды в биохимическом отношении.

Фосфатиды присутствуют во всех кормах, особенно их много в кормовых отходах (жмыхах, шротах) от переработки семян масличных и бобовых культур. Среднее содержание фосфатидов в зерновых злаковых кормах (кукурузе, пшенице, ржи и др.) колеблется от 0,2 до 0,6 %, в зерновых бобовых (соя, люпин, горох и др.) — от 1,0 до 2,2 %, в семенах подсолнечника содержание их варьирует от 0,7 до 0,8 %, а в семенах хлопчатника — от 1,7 до 1,8 % от массы сухого вещества.

В зависимости от химической природы веществ, главным образом азотсодержащих, входящих в молекулу фосфатидов, различают холинфосфатиды (лецитины), содержащие холин; коло-минфосфатиды (кефалин), содержащие в молекуле коламин (этаноамин); серинфосфатиды, включающие аминокислоту се-рин, и инозитфосфатиды, содержащие инозит.

В соевых и кукурузных кормах находится фосфатид, содержащий мионозит, который с фосфорной кислотой образует ино-зитфосфорную кислоту, соли которой называются фитином, распространенным в зерновых злаковых кормах. Особенно много фитина в отрубях, хлопковом жмыхе и в одноклеточной зеленой водоросли хлорелле.

Воски. Представляют собой жироподобные вещества. В отличие от жиров и фосфатидов — сложных эфиров трехатомного спирта глицерина и высших жирных кислот, воски состоят главным образом из сложных эфиров

высокомолекулярных одноатомных спиртов (цитилового, триаконового) и жирных кислот различной молекулярной массы, а также углеводов, красящих и ароматических веществ, свободных органических кислот (церотиновая и др.), спиртов и др.

Воски покрывают тонким слоем листья, стебли, плоды всех зеленых кормовых культур, предохраняя их от смачивания водой, высыхания и поражения микроорганизмами, что имеет важное значение в сохранении растительных кормов. Корма с обширными поражениями воскового налета быстро загнивают, так как открывается доступ для жизнедеятельности эпифитной микрофлоры. Последнее обстоятельство имеет определенное значение в получении высококачественных силосов. Поэтому силос из скошенной зеленой травы, подвергнутой воздействию дождей, со многими механическими повреждениями, приводящими к разрушению естественного воскового налета, получается менее доброкачественным. Воски содержатся, как правило, в кормах растительного происхождения, и их почти нет в кормах животного и микробного происхождения. Много восков в кормовых отходах от переработки различных плодов, особенно в виноградных выжимках.

Стероиды. Жироподобные вещества, содержащие в своем составе циклопентанопергидрофенантрен и высокомолекулярные жирные кислоты, чаще пальмитиновую; находятся во всех кормах растительного, животного и микробного происхождения.

К стероидам относятся стеролы (стерины), стероидные гормоны (половые), желчные кислоты и спирты, сапонины и другие соединения. Стеролы имеют важное значение в клеточном обмене животных. Главный представитель стеролов в кормах — эргостерол, которого сравнительно много в кормовых дрожжах и зерновых кормах. При ультрафиолетовом облучении кормов из эргостерола образуются витамины группы D. Стероид стигма-стерол присутствует в соевых кормах и капустных листьях.

Количество стероидов в кормах различное: больше всего их в кормовых дрожжах — до 2 %, в зерне пшеницы — 0,03-0,07, в зерне кукурузы — 1,0-1,3, зеленых кормах — 0,05-0,18 % от сухого вещества. Значительное количество эргостерола содержат кормовые отходы (мицелиальные массы) производства антибиотиков.

Важным представителем стерина является холестерин, из которого в организме животных образуется ряд очень важных в биохимическом отношении веществ. Стерины, содержащиеся в кормах животного происхождения, называются зоостеринами, в растительных кормах — фитостеринами.

Каротиноиды. Жироподобные вещества, имеющие желтый или оранжевый цвет. Наиболее распространенными каротиноидами кормов являются каротин и лютеин, содержащиеся в зеленых кормах. Они находятся и в кормах животного происхождения, но, как правило, в очень небольшой концентрации. Группа каротиноидов включает в себя около 70 природных пигментов, содержание которых в зеленых кормах достигает 0,2 % от сухого веще-

ства. Главный каротиноид в кормах — каротин, являющийся в организме животных провитамином А.

Хлорофилл и другие жироподобные вещества. Хлорофиллы — вещества, придающие зеленую окраску растениям. Они имеют большое значение в процессах фотосинтеза. В состав хлорофиллов входит фитол, производное углеводорода изопрена. Содержащиеся в растительных кормах фитол, каротиноиды, терпены, стероиды, витамины Е и К и другие вещества аналогичной структуры представляют собой изопреноиды.

Кроме вышеописанных соединений к группе жироподобных веществ, содержащихся в кормах, относятся свободные высокомолекулярные жирные кислоты, гликолипиды, сульфолпиды. Гликолипиды в своем составе содержат глицерин, линоле-вую кислоту, а также остатки Сахаров (галактозы). К сульфо-липидам относятся вещества, в структуре которых имеются глицерин, остатки жирных кислот и сульфоглюкозы. Сульфолпидов сравнительно много в кормах, приготовленных с использованием водорослей, особенно хлореллы.

В зоотехническом анализе кормов липиды определяют как эфирный экстракт. В большинстве кормов в эту вытяжку входят преимущественно нейтральные (истинные) жиры, т.е. соединения глицерина с жирными кислотами, что позволяет эфирную вытяжку отождествлять с жиром, а смесь растворенных и извлекаемых при обработке корма эфиром называть сырым жиром. Например, в зерне кукурузы содержится нейтральных жиров 88,7 %, жирных кислот 6,7 %, в картофеле — соответственно 16,3 и 56,9 %. В настоящее время в практике кормления животных липидная питательность кормов характеризуется содержанием в кормах сырого жира и жирных кислот (табл. 28).

Богаты сырым жиром зерно сои (14—15 %), кукурузы (4— 4,5 %), овса (4 %), а также жмыхи (7-10 %), рыбная мука (10— 11 %), мясокостная мука (11 — 15 %) и др. Мало сырого жира содержится в корнеклубнеплодах (0,1— 0,2 %), зеленой траве (0,5— 2,0 %) и др.

2. Значение липидов в питании животных

Липиды входят в качестве структурного материала в состав протоплазмы всех клеток животного организма. Они необходимы для нормальной работы пищеварительных желез и играют роль основного запасного вещества.

Основная функция липидов корма сводится к тому, что жир является главным аккумулятором энергии в организме, служит важным источником теплоты. Жиры из всех питательных веществ кормов наиболее калорийны, 1 г их при полном окислении в организме выделяет в среднем 38 кДж энергии, тогда как 1 г углеводов — только 17 кДж, а 1 г белка — 24 кДж.

Липиды в организме животных составляют основу многих ферментов, гормонов, витаминов — биологических катализаторов обмена веществ. Принимают участие в синтезе мужских и женских половых гормонов.

Жир корма, например молока для новорожденных животных, необходим как таковой в начальный период роста, пока организм приспосабливается к использованию углеводов корма как источника жира.

Липиды корма участвуют в синтезе составных частей молока у лактирующих животных. Поэтому нормирование потребности в липидах, например коров, производится пропорционально количеству жира, выделяемого с молоком. В среднем 65 % жира молока образуется за счет липидов кормов. Оптимальная норма сырого жира для дойных коров - 3 % от сухого вещества корма рациона. Исключительную роль липиды корма играют в кормлении птиц. Например, максимальную живую массу цыплят-бройлеров (2—2,5 кг в возрасте 42 сут) можно получить лишь в том случае, если в рационе будет содержаться не менее 5 г жира в 100 г сухого корма. Оптимальная норма сырого жира для кур-несушек составляет в среднем 4—5 % от сухого корма.

Ненасыщенные жирные кислоты — линолевая, линоленовая и арахидоновая, входящие в состав липидов, являются незаменимыми. В теле животных эти кислоты не синтезируются, поэтому должны обязательно доставляться с кормом. Подобно витаминам незаменимые жирные кислоты способствуют росту молодых животных. Они необходимы для нормальной функции кожи и предотвращения нарушений холестеринового обмена в организме животных.

Полиненасыщенные жирные кислоты являются активной частью клеточных мембран, регулируют обмен веществ, в частности обмен холестерина, фосфолипидов, ряда витаминов. Они образуют в организме тканевые гормоны простагландины и другие биологически активные вещества, положительно влияют на состояние кожи и стенок кровеносных сосудов, жировой обмен в печени. Наиболее активна арахидоновая кислота, но в жирах кормов ее мало. Она образуется в организме из линолевой кислоты. Поэтому для животных, например свиней, содержание линолевой кислоты всегда контролируют в рационе. Потребность свиней в линолевой кислоте в среднем составляет около 20 г на 1 кг сухого вещества корма. Сравнительно много линолевой кислоты в соевых бобах (1,76 %), соевой муке (0,52 %), арахисовой муке (0,22 %), люцерновой муке (1,28 %), зерне кукурузы и овса (0,09 %), ячмене (0,08 %), а также в растительном масле.

Из фосфатидов наибольшее значение для животных имеют лецитин и холестерин. Лецитин, в составе которого находятся глицерин, ненасыщенные жирные кислоты, фосфор и холин, не является незаменимым кормовым веществом, но имеет важное значение в кормлении животных. Лецитин способствует перевариванию, всасыванию и правильному обмену жиров, усиливает желчеотделение, в соединении с белком образует мембраны клеток, нормализует обмен холестерина. Лецитин оказывает на организм липотропное действие: уменьшает накопление жиров в печени, способствует их транспорту в кровь. Большое значение имеет достаточное содержание лецитина в кормовых рационах животных при болезнях печени, желчекаменной болезни и др. Потребность в лецитине, например, у плотоядных животных

составляет около 5—7 г на 1 кг сухого вещества корма. Лецитином богаты корма животного происхождения (мясокостная и рыбная мука, творог, молочная пахта), а также горох и овес.

Холестерин в животном организме регулирует проницаемость мембран клеток, участвует в образовании желчных кислот, половых гормонов и коры надпочечников, витамина В в коже. Холестерин содержится главным образом в животных кормах и продуктах. В организме животных холестерин образуется в печени из продуктов обмена жиров, углеводов и витаминов. Главным источником образования холестерина в организме являются жиры, богатые насыщенными жирными кислотами.

Переваривание липидов до конечных продуктов — глицерина и жирных кислот — происходит под действием расщепляющих жир ферментов — липаз. Ферменты, гидролизующие жиры, находятся в желудочном и панкреатическом соках. Желудочная липаза действует только на эмульгированные жиры (например, на жир молока). Липаза панкреатического сока выделяется в виде недействительного зимогена, который активируется желчью. Активированные желчью липазы гидролизуют нейтральные жиры до глицерина и жирных кислот. При этом образуется растворимый комплекс из желчных и жирных кислот, который диффундирует в эпителий кишечника. Здесь комплекс вновь распадается, желчные кислоты как поверхностно-активные вещества адсорбируются на поверхности эпителия и способны реагировать с новыми порциями жирных кислот, находящихся в кишечнике. Освободившиеся в эпителии кишечника жирные кислоты ресинтезируются в нейтральный жир.

Таким образом, гидролитическое расщепление липидов при пищеварении сводится к образованию растворимых веществ, способных пройти через мембрану клеток кишечного эпителия. Капельки жира проникают в центральную полость ворсинки, которая называется млечным сосудом, представляющим собой лимфатическую полость, содержащую жидкость — хилус, насыщенный жиром. Хилус поступает в лимфатическую систему и изливается в кровь через грудной лимфатический проток, минуя печень. Часть фосфатидов липидов всасывается в кишечнике в виде тонкой эмульсии без предварительного гидролиза.

Жир, поступивший в организм животного из корма или образовавшийся в организме, в незначительном количестве выводится из него почками с мочой и с секретами слюнных и молочных желез.

Значительная часть жира расщепляется и окисляется с образованием большого количества тепловой энергии и воды. Жир может в организме накапливаться и откладываться в качестве резерва.

В процессах, связанных с потреблением энергии, организм сжигает запасные жиры, предварительно расщепив их ферментами на глицерин и жирные кислоты. Сжигание жира происходит в клетках.

Если жир в организме образуется преимущественно из углеводов, то каждый вид животного образует свой видоспецифический жир. Но если же

животным в рационе скармливается избыток жира, то жирные кислоты корма переходят в некотором количестве в организм и жир животного будет походить по своим свойствам на смесь животного жира и жира корма.

Однако действие корма на состав отлагающегося в организме жира имеет ограниченное значение, сильнее оно проявляется при интенсивном кормлении, например при откорме. Скармливая одинаковые растительные корма крупному рогатому скоту и овцам при откорме, образуются в организме совершенно специфические, отличные по составу и свойствам жиры. Процесс этих внутренних изменений жиров корма зависит от специфической для данного вида животных обменной деятельности клеток тела.

Обмену фосфатидов в организме сельскохозяйственных животных придается особое внимание в связи с тем, что они оказывают влияние на скорость роста животных, усвоение азота корма и на некоторые физиологические функции.

Фосфатиды поступают в организм с кормом, но могут также образовываться и в теле животного. Принятые с кормом фосфатиды расщепляются в желудочно-кишечном тракте под действием ферментов: лецитиназы, глицерофосфатазы, холифосфатазы и др. Составные части фосфатидов всасываются, но здесь же в кишечной стенке происходит ресинтез фосфатидов.

Фосфатиды корма оказывают влияние на функции слизистой кишечника и содействуют всасыванию не только продуктов жира, но и других веществ, вплоть до минеральных. Усиливается при этом и превращение каротина в витамин А. Печень является тем органом, который поддерживает определенный уровень фосфатидов в крови.

3. Научные основы полноценного липидного питания

Потребность животных в липидах. Зависит от вида, возраста, пола, живой массы, физиологического состояния, уровня продуктивности, хозяйственного использования животного, условий содержания и др.

По детализированным нормам кормления животных суммарная потребность в липидах определяется количеством сырого жира в расчете на голову в сутки, или на сухое вещество корма, или на 1 корм. ед. рациона.

Например, потребность в сыром жире у дойных коров при одинаковом среднесуточном удое 16 кг и разной живой массе составляет: при массе 400 кг - 385 г, 500 кг — 405, 600 кг — 420 г жира в сутки; при одинаковой живой массе 500 кг при удое 10 кг — 270 г, 20 кг — 455, 26 кг — 640 г жира на голову в сутки.

Потребность в сыром жире у племенных быков живой массой 800 кг в неслучной период равна 310 г, при средней нагрузке - 370 г, при повышенной - 440 г жира на голову в сутки.

Оптимальная потребность в сыром жире в расчете на сухое вещество рациона у дойных коров в среднем составляет 2—4 %, племенных быков — 3—3,5, молодняка крупного рогатого скота — 3—4; у поросят в возрасте от 2 до 4 мес — 5—10 % (в раннем возрасте эта потребность выше).

Нормы потребности в сыром жире у взрослых свиней и поросят старшего возраста, овец, лошадей, кроликов и сельскохозяйственной птицы не установлены, и содержание жира в рационах не нормируют (не предусмотрены детализированными нормами).

Для повышения липидной питательности кормов и удовлетворения потребности животных в жире при кормлении используют жиры животного происхождения, полученные на мясокомбинатах и других предприятиях из непищевого сырья и боенских отходов, а также растительного происхождения, полученные при переработке семян масличных культур.

Формы проявления недостаточности липидов в кормах и контроль липидного питания животных. Расстройство липидного обмена у сельскохозяйственных животных проявляется в форме авитаминозов через нарушения функций печени, болезни кожи, особенно молодняка, расстройства воспроизводства у взрослых. Основная причина расстройства обмена липидов — их недостаток в кормах рациона. Заболевания кожи и нарушение функции воспроизводства у животных чаще всего проявляются при недостатке в корме незаменимых ненасыщенных кислот (линолевой, линоленовой, арахидоновой).

При недостатке нейтрального жира в кормах обычно уменьшается поступление в организм жирорастворимых витаминов А, D, E, K и появляются гиповитаминозы.

При недостатке в кормах липоидов, главным образом лецитина, особенно с одновременным недостатком холина (витамина В4) или аминокислоты метионина, у животных нарушаются функции печени и почек, развивается жировая инфильтрация печени.

Расстройства липидного обмена связаны с нарушением переваривания и всасывания жиров в желудочно-кишечном тракте, что чаще всего связано с расстройством функции печени и недостаточным выделением или прекращением выделения желчи в двенадцатиперстную кишку. В этом случае использование жира корма резко снижается.

Одним из основных признаков расстройства обмена липидов в организме является кетоз — накопление в крови, высокое выделение в моче и появление в молоке кетоновых тел. Кетоз часто сопровождается сдвигом рН крови в кислую сторону и образованием бета-оксималяной, ацетоуксусной кислот и ацетона. Часто возникает гиперкетонемия на почве усиленного распада жиров и белков тела животных при недостатке в кормовом рационе легкоусвояемых углеводов, необходимых для окисления кетоновых тел через цикл трикарбоновых кислот. Этим определяется самая тесная связь между липидным и углеводным обменом.

Появление у животных гиповитаминозов жирорастворимых витаминов, кетозов, гипергликемии и других заболеваний на почве недостаточности липидов в кормах рациона ведет к резкому снижению продуктивности животных и птицы, а также падению жирности молока у коров.

Контроль полноценности липидного питания животных включает в себя следующие исследования.

Определение содержания сырого жира в кормах и рационах крупного рогатого скота и поросят-отъемышей и сравнение с нормами потребности животных в жире. Устанавливают недостаток или избыток жира в рационе.

Биохимический анализ крови, мочи и молока. В крови определяют содержание общих липидов, в моче и молоке устанавливают наличие кетоновых тел. Результаты анализа сравнивают с физиологическими нормами. Например, норма общих липидов в крови коров составляет около 0,8 %, кетоновых тел — 6 мг в 00 мл сыворотки крови. В молоке определяют также содержание жира и сравнивают его с базисной жирностью животных данной породы.

Анализ кормов рациона и крови на содержание жирорастворимых витаминов при появлении у животных признаков гиповитаминозов.

Определение наличия лецитина, холина и метионина в кормах рациона при подозрении на нарушение функции печени (жировая инфильтрация) и почек у животных.

Анализ содержания линолевой кислоты в кормах рациона при появлении у животных, особенно свиней, кожных заболеваний. Количество кислоты должно быть около 20 г в 1 кг сухого вещества рациона.

Контроль полноценности липидного питания проводят в период диспансеризации животных (и в случае необходимости) с целью своевременного лечения и профилактики болезней, возникающих на почве несбалансированного кормления.

ЛЕКЦИЯ 8

Тема: «Минеральная питательность кормов»

1. Значение минеральных элементов в питании животных
2. Научные основы полноценного макроминерального питания животных
3. Микроэлементы кормов и их значение
4. Обмен и взаимодействие минеральных веществ в организме животных.
5. Методы контроля полноценности минерального питания животных

1. Значение минеральных элементов в питании животных

Минеральную питательность кормов характеризуют следующие показатели: содержание сырой и чистой золы; наличие в золе макроэлементов (кальция, фосфора, магния, калия, натрия, хлора и серы) и микроэлементов (железа, меди, кобальта, цинка, марганца, йода и др.); соотношение отдельных элементов — кальция и фосфора, натрия и калия, кальция и цинка и др.; кислотно-щелочное соотношение.

По минеральной питательности все корма подразделяют на две группы: физиологически кислые и физиологически щелочные. В золе физиологически кислых кормов преобладают фосфор, сера и хлор. К ним принадлежат главным образом зерновые корма и их отходы (отруби). В золе физиологически щелочных кормов преобладают кальций, магний, калий и натрий. К ним относят зеленую траву, силос, сенаж, корнеклубнеплоды и другие сочные корма. В кормах минеральные вещества представлены в форме органоминеральных соединений.

Сырая зола характеризует общее содержание всех минеральных составных частей корма и представляет собой несгораемый остаток сухого вещества в виде оксидов элементов натрия, калия, кальция, магния, железа и др., ангидридов кислот серной, фосфорной, соляной и др., а также содержит диоксид углерода, частицы угля и примеси песка. Остаток сухого вещества, свободный от диоксида углерода, угля и песка, называется чистой золой. Ее содержание выражают как разность между сырой золой и примесями.

Общее содержание чистой золы в кормах рациона оказывает влияние на всасывание питательных веществ из пищеварительного тракта, причем оптимум содержания минеральных веществ находится в пределах 6—6,5 % от сухого вещества кормов.

Сельскохозяйственным животным при любых условиях содержания и использования необходимы минеральные вещества. Бессолевое питание неизменно вызывает гибель, даже если пища с избытком покрывает потребность организма в энергии и органических веществах. Частичный недостаток минеральных веществ вызывает у животных тяжелые расстройства здоровья и резкое снижение продуктивности. Животный организм без органических веществ может прожить до 40 сут в зависимости от резерва белков, жиров и углеводов; без воды — до 10 сут в зависимости от количества жира в организме (жир является депо воды); без минеральных веществ — не более 5 сут.

Значение минеральных веществ для жизнедеятельности организма многогранно. Они входят в состав структурных элементов тела животного. Каждая клетка содержит те или иные минеральные элементы. Образование новых клеток у растущих животных немыслимо без отложения в них минеральных веществ, главным образом в костях и других тканях тела.

Минеральные вещества необходимы для синтеза основных соединений и входят в состав молекул сложных органических структур. Например, железо корма совместно с медью и марганцем идет на построение гемоглобина крови, благодаря которому происходит перенос кислорода и диоксида углерода в организме. Фосфор входит в состав таких органических соединений, как казеин, нуклеиновые кислоты, фосфатиды и др. Сера принимает участие в синтезе аминокислот - метионина, цистина и цистеина, белка тела. Йод — незаменимый элемент в образовании гормона тироксина щитовидной железы. Хлор является главным элементом в образовании фермента пепсина желудочного сока.

Минеральные вещества участвуют в регулировании осмотического давления тканевой жидкости, от которого зависит жизнедеятельность клеток и тканей организма животного. Оно должно быть всегда постоянным, равным 8 мм рт. ст.

От минеральных веществ зависит постоянство реакции крови и тканевой жидкости, которые регулируют и поддерживают кислотно-щелочное равновесие в организме. Реакция крови всегда должна быть слабощелочная, а рН 7,35-7,36, несмотря на поступление кислот и щелочей как корма, так и продуктов обмена. Постоянство рН крови и тканевой жидкости обуславливается деятельностью выделительных органов и наличием в крови так называемых буферных систем, в состав которых наряду с белками и фосфатами входят минеральные вещества.

Минеральные вещества оказывают большое влияние на процессы пищеварения, всасывания и усвоения питательных веществ кормов в организме животных, способствуют созданию среды, в которой проявляют свое действие ферменты и гормоны. Например, основной фермент пепсин, способствующий перевариванию белка корма, действует только в присутствии водородных ионов соляной кислоты, а щелочные соли способствуют перевариванию жиров. Определенное взаимоотношение целого ряда ионов минеральных веществ обуславливает правильное развитие молодого организма, работу сердца, поперечнополосатых мышц, нервной системы.

Минеральные вещества принимают участие в водно-солевом, углеводном, белковом и жировом обмене, образуя безвредные соединения, которые выводятся из организма через почки, легкие, кишечник и кожу.

Таким образом, минеральные вещества необходимы для поддержания здоровья животных, нормального развития плода, молодняка и размножения. При их недостатке снижается плодовитость, появляются аборт и рождение мертвого потомства. Значительна потребность у лактирующих животных в минеральных веществах, которые выделяются с молоком. Например, корова при удое 8 тыс. кг молока в год выделяет с молоком до 65 кг минеральных элементов, что в 2—3 раза превышает их содержание в теле, в том числе около 10 кг калия, 8,5 кг кальция, 8 кг хлора, 7 кг фосфора, 3,5 кг серы, 1 кг магния и др. При недостатке отдельных веществ в кормовом рационе коров, например фосфора, удои снижаются до 800 кг в год.

Обеспечение в полной норме минеральными веществами животных при откорме способствует ускорению сроков откорма и снижению затрат кормов на единицу массы прироста тела.

Минеральная питательность кормового рациона играет важную роль в организации полноценного кормления животных. Только при наличии в рационе необходимого количества минеральных веществ организм животного наиболее полно использует питательные вещества корма, сохраняет здоровье и дает максимальную продуктивность.

Минеральные вещества, входящие в состав кормов, подразделяют на три группы:

- макроэлементы,
- микроэлементы
- ультрамикроэлементы.

Макроэлементы - вещества, концентрация которых в кормах не ниже 0,001 % по массе. Если количество элементов колеблется от 0,001 до 0,0001 %, их относят к микроэлементам, а при концентрации ниже 0,0001% - к ультрамикроэлементам.

По современным данным, к макроэлементам относят кальций, фосфор, магний, калий, натрий, хлор, серу;

микроэлементам — железо, медь, цинк, фтор, стронций, молибден, бром, кремний, цезий, кобальт, марганец, алюминий, свинец, кадмий, бор, рубидий;

ультрамикроэлементам - селен, кобальт, ванадий, хром, мышьяк, никель, литий, барий, титан, серебро, олово, бериллий, галлий, германий, ртуть, скандий, цирконий, висмут, сурьму, уран, торий, радон.

По биологической роли в жизнедеятельности организма различают жизненно необходимые минеральные вещества — кальций, фосфор, магний, натрий, калий, серу, хлор, марганец, железо, кобальт, медь, цинк, селен, молибден, йод; вероятно необходимые — фтор, кремний, титан, ванадий, хром, никель, мышьяк, бром, стронций, кадмий; малоизученные элементы, роль которых в обмене веществ у животных малоизвестна или совсем неизвестна, — литий, бериллий, бор, скандий, алюминий, галлий, германий, рубидий, ртуть, свинец, висмут, радий, торий и уран.

2. Научные основы полноценного макроминерального питания животных

Кальций. В теле животных почти весь кальций представлен в форме неорганических солей фосфорнокислого и углекислого кальция. В крови весь кальций находится в плазме: в среднем 9— 15 мг кальция в 100 мл; у кур в период кладки яиц — до 40 мг в 100 мл крови.

В организме животных кальций служит материалом для построения костной ткани: почти 99 % находится в скелете и только около 1 % — в остальных тканях.

Кальций животным необходим также для регулирования реакции крови и тканевой жидкости, возбудимости мышечной и нервной ткани, свертывания крови.

При недостатке кальция в кормах молодые животные болеют рахитом, который проявляется в виде деформации скелета, искривления трубчатых костей, позвоночника, грудной клетки из-за недостаточного окостенения. Наблюдается утолщение концов трубчатых костей (рис 11). При этом изменяется состав крови, в ней сильно снижается содержание неорганического фосфора (до 20 % от нормы) при небольшом изменении уровня кальция — по этому показателю рахит отличают от тетании, при которой резко падает содержание кальция в крови, а фосфора — остается в норме.

Недостаток кальция в кормах у взрослых животных проявляется остеомалацией — болезненное размягчение костей в результате деминерализации и замены костной ткани остеонидной. Чаще всего остеомалация наблюдается у беременных и лактирующих животных. Кроме остеомалации у взрослых животных при недостатке кальция в рационе возможны другие костные заболевания: остеопороз, который выражается в атрофии костной ткани, приводящий к истончению, пористости и хрупкости костей; остеофиброз, который характеризуется разрастанием костей с частичным замещением костной ткани фиброзной, при этом увеличиваются лицевые и челюстные кости. Кроме того, у молодых животных при недостатке кальция задерживаются рост и развитие, наблюдается расстройство пищеварения (понос и др.) и снижается продуктивность.

Содержание кальция в кормах очень изменчиво и зависит от многих факторов: вида растений, почвы, удобрений и климата. Кальцием богаты бобовые растения - люцерновая и клеверная трава и сено, корма животного происхождения, минеральные добавки и др.

Потребность в кальции у животных неодинакова и зависит от вида, физиологического состояния, уровня продуктивности и др. Например, дойной корове при удое 10 кг в сутки требуется 55—70 г кальция в зависимости от живой массы; сухостойной - 70-85; молодняку крупного рогатого скота — 11-26 г на 100 кг массы тела в зависимости от возраста (в возрасте 18—24 мес - 11 г, до 3 мес — 26 г). У овец потребность в кальции составляет у маток 4-12 г в сутки в зависимости от направления продуктивности овцеводства и физиологического состояния, у ягнят — 5,0—6,5 г в сутки. Свиноматкам кальция требуется 20—50 г в сутки в зависимости от живой массы, супоросности и лактации; поросятам — 7-25 г в сутки в зависимости от массы тела. Для птиц эта потребность составляет для кур-несушек 3 %, цыплят 1,3 % от сухого корма (см. раздел III. Нормированное кормление животных разных видов).

Фосфор. Около 80 % всего фосфора в теле животных сконцентрировано в скелете и только около 20 % — в остальных тканях. В состав костной ткани фосфор входит как структурный материал. Фосфор содержится также в мышцах и крови в составе ядерного вещества всех клеток организма в форме нуклеопротеинов, мышц — фосфопротеинов, нервных клеток — фосфолипидов.

Фосфор играет важную роль в обмене углеводов: фосфаты усиливают всасывание глюкозы в кишечнике. Фосфор принимает участие и в жировом обмене, при этом жирные кислоты, поступая в кровь из пищеварительного тракта, соединяются с фосфорной кислотой и холином, образуя лецитин. Эта фаза фосфорилирования жира в кишечнике, печени и почках является промежуточной при образовании жира из углеводов у откармливаемых и молока у лактирующих животных.

Фосфаты натрия и калия как буферные вещества поддерживают определенную концентрацию водородных ионов крови и тканевой жидкости,

участвуют в процессах всасывания питательных веществ в кишечнике и выделения из организма продуктов клеточного обмена веществ.

Основной показатель фосфорного обмена у животных - содержание в крови неорганического фосфора, которое поддерживается на довольно постоянном уровне и составляет 4-9 мл в 100 мл плазмы. Если кормового фосфора животному недостает, то он мобилизуется из костной ткани. Фосфор выделяется из организма у травоядных животных преимущественно с калом, у плотоядных — с мочой.

В кормах фосфор присутствует в основном в форме органических соединений фосфорной кислоты. Содержание фосфора в кормах, так же как и кальция, варьирует в зависимости от почвы, удобрений, климата, фазы развития растений и др. Из растительных кормов удовлетворительным источником фосфора служат зерновые злаковые корма — овес, ячмень, кукуруза и др. Сравнительно много фосфора в отрубях, жмыхах, шротах и кормах животного происхождения — мясокостной, рыбной муке и др.

Потребность сельскохозяйственных животных в фосфоре, так же как и в кальции, зависит от вида, возраста, живой массы, физиологического состояния, уровня продуктивности и др. Например, дойной корове с удоем 10 кг в сутки необходимо 40—45 г фосфора в сутки, молодняку крупного рогатого скота — 6—15 г на 100 кг живой массы; овцематкам — 2,6—6,8 г; свиноматкам — 30—40 г; курам-несушкам — 0,8 % от сухого корма и т.д. (см. раздел 111. Нормированное кормление животных разных видов).

Установлено, что высокое использование и нужное отложение в теле фосфора происходят лишь при определенном соотношении фосфора и кальция. Поэтому помимо норм потребности в фосфоре необходимо в кормовых рационах учитывать соотношение фосфора и кальция, которое в среднем составляет 1,5 : 2, т.е. на две части кальция должно приходиться полторы части фосфора. Несоблюдение этого соотношения в кормовых рационах приводит к тяжелым расстройствам минерального обмена и усугубляет болезни остеодистрофического характера. Чаще всего в кормах излишек кальция при недостатке фосфора. В этом случае в рационы добавляют кормовые фосфаты, не содержащие кальций (мононатрийфосфат, динатрийфосфат, диаммонийфосфат и др.), до нормы; лишний кальций при этом в процессе пищеварения выделяется из организма с калом.

Магний. Входит в состав клеток всех тканей тела, необходим для поддержания жизни животных. Из общего количества магния в организме около 70 % находится в костях; в мышцах и коже он преобладает над кальцием.

При недостатке магния в кормовых рационах у животных развиваются крайняя возбудимость, магниезальная тетания и в тяжелых случаях гипомagneмизация, при которой наступает гибель. Чаще всего эти последствия наблюдаются у крупного рогатого скота в летний период при кормлении травой, в которой мало магния (травяная тетания).

Потребность в магнии у животных сравнительно небольшая. Например, дойной корове требуется в среднем 20—40 г в сутки в зависимости от суточ-

ного удою, телятам до 6-месячного возраста — 1—7, молодняку крупного рогатого скота — 10-25 г в сутки в зависимости от возраста и прироста.

На потребность в магнии влияет содержание в кормах кальция. Считается, что между кальцием и магнием существует антагонизм. Наличие в рационе больших количеств кальция увеличивает потребность в магнии. При потреблении кормов с большим количеством магния увеличивается выделение из организма кальция.

Сравнительно много магния в зерновых кормах, луговом и люцерновом сене, жмыхах, отрубях и др. В качестве магниевой добавки в рационы животных применяют доломитовый известняк, содержащий 11 % магния. Для профилактики магниевой (травяной) тетании у скота в летний период обычно разбрасывают на пастбище доломитовый известняк.

Калий. В животном организме калий преимущественно сосредоточен в жидкостях тела и мягких тканях, где является необходимым элементом для поддержания осмотического давления, регуляции реакции крови и тканевых соков; кроме того, калий участвует в обмене воды.

В животном организме содержится в среднем около 1,5 г калия на 1 кг живой массы тела в форме бикарбонатов, фосфатов и хлоридов. Калием богаты молодые растения, в золе которых до 21 % этого элемента. Сравнительно много калия в сене, овсе, ячмене, кукурузе. В растительных кормах он представлен в основном в виде диоксида калия и калиевых солей органических кислот.

При недостатке калия в кормах животные плохо растут, у них появляются извращенный аппетит и повышенная возбудимость, наблюдается расстройство сердечной деятельности (аритмия, низкое кровяное давление — гипотония), нарушается функция печени, почек, самки плохо оплодотворяются.

Уровень потребности в калии выяснен не для всех видов животных. Например, дойным коровам необходимо от 60 до 180 г калия в сутки в зависимости от величины суточного удою, телятам до 6 мес — от 8 до 25 г, молодняку крупного рогатого скота — 30—70 г в зависимости от возраста и прироста; собакам: взрослым — 220 мг, щенкам — 440 мг на 1 кг массы тела. Для свиней, овец, лошадей и птицы нормы калия не установлены.

Калий в организме животных является антагонистом натрия, поэтому в кормовых рационах всегда надо учитывать их соотношение, которое составляет 2:1, т.е. на две части калия приходится одна часть натрия. Если в рационе недостаток одного элемента или избыток другого, то усиливается дефицит недостающего элемента. Определенное соотношение ионов калия и натрия необходимо главным образом для нормального ритма сердечной деятельности. При недостатке в кормах калия в рационы вводят минеральную добавку в виде диоксида или хлорида калия.

Натрий. В животном организме натрий, так же как и калий, находится преимущественно в жидкостях тела и мягких тканях, где поддерживает осмотическое давление и участвует в водном, белковом и жировом обмене. В теле

животного в среднем от 0,5 до 1,5 г натрия на 1 кг массы тела; он связан главным образом с хлором и угольной кислотой.

В крови и тканевой жидкости натрий является главным катионом, служащим для нейтрализации кислот, и вместе с хлором — главным компонентом, определяющим осмотическое давление.

Хлорид натрия служит материалом для образования желудочного сока, активирует фермент амилазу, ускоряет всасывание глюкозы в кишечнике. Недостаток натрия в кормах вызывает у животных потерю аппетита, понижает синтез жира, белка и усиливает теплообразование; у молодых — задержку роста.

Корма растительного происхождения содержат незначительное количество натрия, поэтому нарушения натриевого обмена у животных встречаются часто.

Нормы потребности в натрии для сельскохозяйственных животных не установлены. Нормирование натрия производят с учетом норм калия, принимая во внимание, что натрия должно быть в два раза меньше. Нормы натрия для птицы в среднем составляют 0,3—0,4 г на 100 г сухой кормовой смеси; для собак: взрослых — 60 мг, щенков — 120 мг на 1 кг массы тела.

Для выравнивания соотношения натрия и калия в рационах животных применяют поваренную соль, бикарбонат натрия, мо-но- и динатрийфосфат.

Хлор. Значение и функция хлора в организме животных идентичны калию и натрию. Хлор находится преимущественно в жидкостях тела, мягких тканях и коже, где необходим для поддержания осмотического давления и обмена воды. Исключительную роль хлор играет в пищеварении, так как входит в состав желудочного сока в виде соляной кислоты.

Кормовые средства в своем составе содержат мало хлора, за исключением растений, выросших на засоленных почвах.

Недостаток хлора в рационах вызывает понижение секреции соляной кислоты, что ведет к нарушению пищеварения. На образование соляной кислоты обычно используется до 20 % всего запаса хлора в организме. При недостатке хлора у животных снижается аппетит, ухудшается использование (усвоение) питательных веществ корма, задерживаются рост и развитие молодняка, нарушается воспроизводительная функция, снижается продуктивность.

Источником хлора является поваренная соль, которую, как правило, добавляют в рационы всех видов и половозрастных групп животных. Нормы поваренной соли установлены для всех видов животных. Например, дойным коровам в среднем требуется 50—70 г в сутки в зависимости от суточного удоя, молодняку крупного рогатого скота - 10 г на 100 кг массы тела, при откорме скота — 60—80 г; овцам: взрослым — 8—15, ягнятам — 5—10; свиньям: взрослым — до 40, молодняку — до 20 г; птице: взрослой — до 0,5 г, молодняку - до 0,3 г на 100 г сухого корма; собакам: взрослым — 220 мг, щенкам — 530 мг на 1 кг массы тела.

Жвачным животным поваренную соль скармливают в виде россыпи и лизунца (вволю), свиньям, птице и собакам соль строго нормируют из-за высокой чувствительности их к хлору (передозировка вызывает солевое отравление и падеж).

Сера. В организме животных сера находится главным образом в виде сложных органических соединений — аминокислот белка. В теле животных сера составляет 0,12—0,15 %, большая часть ее сосредоточена в волосном покрове, роговом башмаке, коже. Сера входит также в состав инсулина (гормона поджелудочной железы) и тиамина (витамина В₁).

Свою физиологическую роль в организме сера осуществляет через аминокислоты — цистин, цистеин, метионин, в состав которых она входит. Цистин является составной частью почти каждой клетки тела и играет роль в образовании желчи в печени. Белковое вещество шерсти кератин содержит 2,5—5,5 % серы и много цистина, поэтому достаточное количество серы и цистина в рационах овец — необходимое условие.

Сравнительно много серы в зерновых злаковых и бобовых кормах, луговом и люцерновом сене, обрете. Все корма, богатые белком, содержат больше серы, чем корма, бедные им.

Потребность в сере овец и скота составляет 0,25—0,4 % сухого вещества кормового рациона. Например, дойной корове серы необходимо 25—50 г в сутки в зависимости от суточного удоя, телятам до 6 мес — 3-10, молодняку — 13-25 в зависимости от живой массы и прироста; овцам: взрослым — 3-9, ягнятам — 2~ 3 г в сутки. Потребность у овец в сере зависит главным образом от настига шерсти.

Дефицит серы в рационах животных можно восполнить путем использования неорганических препаратов — сульфата натрия (глауберова соль) и сульфата аммония. Например, крупному рогатому скоту при откорме и взрослым овцам шерстного направления можно скармливать в составе концентрированных кормов глауберовой соли из расчета 3-4 г на 1 корм. ед. рациона.

3. Микроэлементы кормов и их значение

В организации полноценного минерального питания имеют большое значение микроэлементы. Они принимают участие в регулировании основных физиологических процессов в животном организме — роста, развития, размножения, кроветворения, дыхания и др. Микроэлементы оказывают влияние на синтез и входят в состав гормонов, ферментов, витаминов, принимают участие в обменных функциях.

В регионах с повышенным или пониженным содержанием микроэлементов в почве, воде и растительных кормах животные оказываются в условиях так называемых биогеохимических провинций, где минеральное питание почти всегда неполноценное. Вследствие этого у них появляются специфические (эндемические) болезни. Своевременная добавка в кормовые рационы в необходимых дозах недостающих микроэлементов нормализует обмен

веществ, что способствует повышению полноценности питания и продуктивности животных. Из микроэлементов наибольшее значение для животных имеют железо, медь, кобальт, цинк, марганец, йод и др.

Железо. Необходимо животным как составная часть гемоглобина крови. Железо входит также в состав ядерного вещества всех клеток организма и участвует в окислительных процессах. Около 70 % всего железа тела содержится в гемоглобине крови, снабжающем организм в процессе дыхания кислородом. Образование гемоглобина происходит непрерывно в течение всей жизни, и уровень его в крови должен составлять около 10—15 г на 100 мл, поэтому в рационах железо должно присутствовать постоянно.

При недостатке в кормах железа в крови падает содержание гемоглобина и эритроцитов, развивается алиментарная анемия и ухудшается общее состояние здоровья, что ведет к задержке роста и снижению продуктивности. Чаще всего анемией страдают поросята, иногда телята и ягнята. У взрослых животных анемия развивается при длительном недостатке в кормах железа и меди.

Нормы потребности в железе установлены для всех животных. Например, дойным коровам железа требуется 0,7-2,0 г в сутки в зависимости от суточного удоя; свиноматкам — 200—600 мг в зависимости от физиологического состояния (супоросность, лактация), поросятам — 40—200 мг в сутки в зависимости от живой массы и прироста; собакам - 1,32 мг на 1 кг массы тела.

Сравнительно богаты железом зеленая трава, зерновые злаковые и бобовые корма. При недостатке железа в рационы животным добавляют сульфат железа и другие железосодержащие препараты.

Медь. Участвует в процессах кроветворения в качестве биокатализатора, стимулирующего образование гемоглобина из неорганических соединений железа, хотя она и не входит в состав гемоглобина.

Медь имеет существенное значение для роста животных и оказывает положительное влияние на устойчивость организма к заболеваниям. При недостатке меди в кормах у животных усугубляется анемия, у овец появляется своеобразная болезнь «л и зуха». Диагностическим признаком недостаточности меди в рационах и организме служит появление в крови незрелых форм эритроцитов.

Потребность животных разных видов в меди неодинакова. Например, дойным коровам необходимо 70—300 мг меди в сутки в зависимости от удоя; свиноматкам - 40—100 мг в сутки в зависимости от супоросности и лактации; собакам — около 0,16 мг на 1 кг массы тела.

Наиболее высокое содержание меди в зернобобовых кормах, отрубях, шротах. При недостатке меди в кормах в рационы добавляют сульфат или карбонат меди.

Кобальт. Принимает участие в кроветворении. Входит в состав витамина В₁₂, который синтезируется микроорганизмами пищеварительного тракта животных, особенно в рубце жвачных, а у свиней в толстом отделе

кишечника при наличии в корме достаточного количества кобальта. Это определяет особое значение кобальта в кормлении животных.

Кобальт в организме животных активизирует ряд ферментов, способствующих улучшению использования белка, кальция и фосфора кормового рациона, усиливает рост молодняка и повышает естественную резистентность организма к различным заболеваниям.

При недостатке в корме кобальта у крупного рогатого скота и овец, реже у свиней и лошадей появляется акогобальтоз, или сухотка. Это заболевание характеризуется потерей аппетита, вялостью, прогрессирующим исхуданием, падением продуктивности. Чаще всего возникает в регионах с песчаными, подзолистыми, заболоченными и торфянистыми почвами, содержащими не более 1,5—2 мг кобальта в 1 кг сухого вещества; содержание его в пастбищной траве составляет около 0,02 мг в 1 кг сухого вещества при норме около 1 мг.

Нормы потребности в кобальте установлены для всех видов и половозрастных групп животных. Например, дойным коровам кобальта требуется 5–20 мг в сутки, овцематкам – 0,4–1,0 мг в сутки, собакам — 0,05 мг на 1 кг массы тела.

При недостатке кобальта в кормах в рационы добавляют его соли — хлориды, сульфат и карбонат. Одна таблетка хлорида кобальта массой 1 г содержит 40 мг чистого кобальта. Непрерывное поступление кобальта в организм обеспечивают кобальтовые пули, содержащие 90 % оксида кобальта. Кобальтовую пулю вводят в желудок жвачных животных, она задерживается в пред-желудках (сетке) и постоянно выделяет кобальт, необходимый для питания микроорганизмов, синтезирующих витамин В₁₂. Сравнительно много кобальта в злаково-бобовом сене, травяной муке и шротах.

Цинк. В организме животных цинк сосредоточен главным образом в костях и коже. Уровень цинка наиболее высок в сперме и предстательной железе производителей. Его физиологическая роль определяется необходимостью для нормального роста, развития и полового созревания, поддержания репродуктивной функции (размножения), вкуса и обоняния, нормального заживления ран и др. В организме животных цинк связан с нуклеиновыми кислотами, ответственными за хранение и передачу наследственной информации.

Цинк влияет на обменные процессы, в частности повышает всасывание азотистых веществ и использование организмом витаминов, что, в свою очередь, усиливает рост молодняка. Цинк предохраняет свиней от специфического заболевания паракератоза — поражение кожи, потеря и извращение аппетита (грызут деревянные кормушки). Паракератоз у свиней возникает чаще всего при кормлении сухим кормом с избытком кальция. Недостаток цинка угнетает рост, понижает плодовитость и может привести к бесплодию.

Нормы потребности в цинке установлены для всех видов животных. Например, быкам-производителям цинка необходимо 300–600 мг в сутки в зависимости от живой массы; молодняку свиней при мясном откорме —

100—180 мг в сутки в зависимости от живой массы и прироста; собакам — 0,11—0,2 мг на 1 кг массы тела.

Сравнительно много цинка в отрубях, дрожжах и зародышах зерен злаковых культур. При недостатке его в корме в рационы добавляют соли сульфата и углекислого цинка.

Марганец. В теле животных марганец присутствует в костях, крови и мягких тканях. В наибольшем количестве содержится в печени и поджелудочной железе. В печени почти весь марганец связан с ферментом аргиназой, гидролизующим аминокислоту аргинин на мочевины и орнитин. Марганец стимулирует тканевое дыхание, принимает участие в синтезе аскорбиновой кислоты (витамина С), ферментов фосфатазы и пероксидазы. Он не обходим как катализатор при использовании в организме тиамин (витамина В₁).

У свиней и птиц марганец стимулирует рост и развитие. Кроме того, он необходим для получения яиц с хорошими инкубационными свойствами, для нормального развития эмбрионов. Недостаток марганца у эмбрионов проявляется хондродистрофией, а у цыплят — перозисом (подолгу сидят, прижавшись к полу, с поджатыми конечностями, предплюсневые суставы увеличены и кажутся вывихнутыми, кости конечностей деформированы). Перозис возникает у цыплят в раннем возрасте из-за недостатка марганца в рационах племенных кур-несушек или когда они получают рационы с избыточным содержанием кальция и фосфора.

Потребность в марганце у птиц составляет 4—5 мг на 100 г сухого корма; свиней — 50 мг на 1 кг сухого вещества рациона. Сравнительно много марганца в сене хорошего качества, отрубях, шротах. При недостатке его в кормах в рационы добавляют соли — сульфат, хлорид и карбонат марганца; для птиц можно применять перманганат калия в виде водного раствора слабо-розового цвета.

Йод. Необходимый элемент в кормлении животных. Около половины всего йода, содержащегося в организме животного, сосредоточено в щитовидной железе. Физиологическая роль йода связана с его участием в образовании гормона щитовидной железы тироксина. Тироксин контролирует состояние энергетического обмена и уровень теплопродукции в организме животных.

При недостатке йода нарушается функция щитовидной железы: она увеличивается в размерах, и образуется так называемый эндемический зоб. У животных нарушается функция размножения, рождается слабое, лишенное волосяного покрова потомство, наблюдаются случаи мертворождения, у коров на последней стадии стельности бывают аборт.

Суточная потребность животных в йоде составляет у дойных коров 6—25 мг в сутки в зависимости от удоя, молодняка крупного рогатого скота — 1-3 мг в зависимости от возраста и прироста; свиноматок — 1-2 мг в зависимости от живой массы, периода супоросности и лактации; собак - 0,03-0,06 мг на 1 кг массы тела.

Сравнительно много йода в злаково-бобовом сене хорошего качества, травяной муке, отрубях, шротах, морских водорослях (морской капусте), рыбной муке из морских рыб. При недостатке йода в кормах и питьевой воде в рационы добавляют его соли — йодид калия или йодид натрия. Для профилактики эндемического зоба в регионах с недостаточным количеством йода в почвах, воде и кормах применяют йодированную поваренную соль (25 г йодида калия на 1 т соли).

Молибден. Составная часть некоторых ферментов, в частности ксантиоксидазы, альдегидоксидазы и других оксидаз, которые играют важную роль в пуриновом обмене. Потребность животных в молибдене пока не установлена, но известно, что корма, содержащие более 1 мг молибдена на 1 кг массы, вызывают отравления (м о л и б д е н о з ы) животных.

Молибден является антагонистом меди. При избыточном поступлении молибдена в организм повышается выделение меди, и наоборот. Поэтому токсическая доза молибдена зависит от содержания в рационе меди, которая нейтрализует его нежелательное действие. В этих условиях организм обедняется медью и проявляется ее недостаточность. Кроме того, в кормах при неправильном хранении молибден вступает в реакцию с медью с образованием молибденово-медного комплекса, и медь не участвует в обмене веществ животных.

Сравнительно часто наблюдается токсическое действие на организм избытка молибдена в пастбищном корме. Коровы при этом страдают острыми поносами (чаще весной). Кроме этого наблюдаются ломкость костей, повреждение суставов, анемия. Ориентировочный оптимум содержания молибдена в сухом веществе рациона для дойных коров составляет 0,5—1 мг на 1 кг. При его избытке в рационы необходимо добавлять медьсодержащие вещества в таком количестве, чтобы соотношение меди к молибдену составляло 1 : 0,12.

В 1 кг массы кормов молибдена содержится, мг: в траве естественных лугов - 0,18-0,44, траве посевных злаков — 0,004— 0,24, траве посевных бобовых — 0,01—0,75, сене луговом — 0,38— 0,58, сене бобовых - 0,29—0,53, корнеклубнеплодах - 0,03—0,18, зерне злаковых — 0,08—0,42, зерне бобовых — 1,3—4,4, жмыхах — 0,35-1,6.

Селен. Участвует в окислительно-восстановительных процессах, в реакциях с глутатион-пероксидазой, ферментом, без которого трипептид-глутатион не выполняет роль биологического антиоксиданта в организме. Кроме того, селен способствует всасыванию витамина Е и его использованию.

При содержании селена менее 0,08 мг на 1 кг корма при натуральной влажности у животных наблюдают нарушение обмена веществ с перерождением некоторых органов, особенно мышечной ткани, возникает так называемая беломышечная болезнь. Особенно сильно страдает молодняк. У взрослых животных возможны токсическая дистрофия печени, рассасывание плода и бесплодие, дегенерация тестикулов, гемолиз эритроцитов и др. При

поступлении с кормом 0,1—0,2 мг селена на 1 кг живой массы заболеваний не наблюдается.

Концентрация селена в теле животных колеблется от 1 до 3 мг в 1 кг живой массы. Особенно его много в почках, печени, шерсти и копытах.

Излишнее поступление селена с кормом приводит к отравлению. При этом главным образом расстраиваются окислительно-восстановительные процессы в тканях в связи с ингибированием активности ряда ферментов, принадлежащих к оксидоредуктазам. Неорганические соединения селена, находящиеся в кормах, более токсичны, чем органические — селенцистин, селенметионин и др. Для сельскохозяйственных животных летальным является корм, содержащий 10 мг селена в 1 кг сухого вещества.

В растительных кормах в среднем содержится 0,1—2 мг селена на 1 кг массы в виде всевозможных соединений. Например, в зеленой траве злаковых растений селена до 0,86 мг, бобовых — до 0,018 мг в 1 кг массы. Дефицитными принято считать корма с уровнем селена ниже 0,1 мг в 1 кг сухого вещества.

Отрицательные последствия, возникающие при дефиците селена в кормах, можно устранить дачей витамина В_с (токоферола). Токоферол и селен выполняют функции катализаторов в ферментных системах, связанных с окислительным фосфорилированием веществ.

В кормах селен при взаимодействии с железом может образовывать соединения, снижающие его усвоение. Для устранения дефицита применяют добавки селенита натрия. Например, дача 0,5 мг на 1 кг корма предотвращает некроз печени у свиней и экссудативный диатез у кур-несушек. Смертельная доза селена для крупного рогатого скота составляет 10—11 мг, лошадей — 3—4, свиней — 13—18 мг на 1 кг массы тела.

Фтор. Участвует в формировании костей и зубов; входит в небольшом количестве в состав костной ткани (0,02—0,05 %). Потребность животных во фторе не установлена. Предполагается, что она составляет 1-10 мг на 1 кг массы тела и удовлетворяется за счет фтора кормов. Например, для молочных коров концентрация фтора 15 мг на 1 кг сухого вещества рациона достаточна для удовлетворения потребности в нем.

В практике кормления опасно избыточное поступление фтора, что вызывает отравление животных. В больших концентрациях фтор является ядом. Для профилактики отравления фтором содержание фтора в кормовых рационах для крупного рогатого скота не должно превышать 2 мг, свиней - 8, кроликов - 11, птицы — 35 мг на 1 кг массы тела.

Избыток фтора приводит к флуорозу - парез, стирание зубов, деформация костей и суставов, снижение аппетита и продуктивности. Токсическая доза фтора - 100 мг на 1 кг сухого вещества рациона.

Содержание фтора в кормах, мг/кг: силосе — 0,5—1,3, корнеклубнеплодах — 0,04—0,3, зерне злаковых — 2,4—5,4, жмыхах и шротах — 1,7-9,4, молоке — 0,2-0,4, отходах мясокомбинатов (костной, мясокостной, кровяной муке) — 38—370, рыбной муке -190—220. В растительных кормах

редко содержится фтора более 0,0002 %. Опасен фтор, содержащийся в фосфорите и в минеральных добавках из него. Поэтому животным скармливают только обесфторенный фосфат.

4. Обмен и взаимодействие минеральных веществ в организме животных

В процессе пищеварения органические соединения минеральных веществ в желудочно-кишечном тракте подвергаются расщеплению на соли или ионы. Соли и ионы, как содержащиеся в корме, так и образовавшиеся путем расщепления, всасываются и поступают в кровь и лимфу. Исключение составляют сера, часть фосфора и йод, которые всасываются в виде органических соединений. Кишечник не ограничивает поступление солей в организм. Например, поваренная соль рациона всасывается в любом количестве, потому что жидкости, введенные в пищеварительный тракт, должны быстро стать изотоническими, приближаясь к сыворотке крови. Для этого либо соли и вода переходят в кровь и лимфу, либо, наоборот, соли поступают в кишечник. Минеральные вещества кормов всасываются из пищеварительного тракта только частично: доступны соединения в растворенном состоянии.

Для удовлетворения потребностей животных в минеральных веществах имеет значение не только общее количество их в кормовом рационе, но и то количество элементов, которое усваивается организмом. Известно, что лучше всего усваиваются минеральные вещества в форме органоминеральных соединений, содержащихся в кормах или образующихся во время пищеварительного процесса. Весьма условно считается, что всасывается (усваивается) 30—50 % минеральных веществ, поступивших с кормом.

Усвоение минеральных веществ животным организмом зависит и от вида корма. Например, из молока усвоение их наивысшее — 97 % для кальция и 73 % для фосфора. Из молодой травы и кормов, не содержащих труднопереваримых веществ, усвоение выше, чем из кормов, сильно огрубевших и труднопереваримых.

Минеральные вещества, скармливаемые в виде добавки, усваиваются организмом хуже, чем из натуральных кормов. Это необходимо учитывать при удовлетворении потребностей в минеральных веществах, так как потребности животных в настоящее время выражаются в весовых количествах от общего содержания в корме. Более эффективно нормировать и удовлетворять потребности животных в минеральных веществах в усвояемых формах.

Из организма минеральные вещества выделяются постоянно с продуктами обмена (калом, мочой, потом) и с продукцией (молоком и др.). Поэтому систематическое поступление минеральных веществ с кормом, питьем, а йода и с вдыхаемым воздухом необходимо. Например, выделение из организма кальция продолжается даже тогда, когда поступление его с кормом снижается или совсем прекращается. При этом кальций из организма убывает за счет костной ткани. Иначе себя ведут калий и натрий: уменьшение поступления в корме снижает и их выделение из организма. Содержание минеральных ве-

ществ в крови регулируется деятельностью почек, через которые удаляется их избыток.

В организме животных существует много типов взаимодействия минеральных веществ между собой: антагонистические взаимодействия ионов; ионы действуют независимо, и между концентрациями связи нет; ионы (синергисты) действуют суммарно, насколько одного из них убудет или прибудет, настолько другого или других должно, наоборот, прибыть или убыть; ионы действуют так, что их суммарный биологический эффект превышает действие каждого порознь. В этом случае одно вещество сенсibiliзирует (усиливает) действие другого.

Минеральные элементы находятся в любом типе взаимодействия (антагонизме, синергизме, сенсibiliзации), поэтому имеет значение их соотношение. Например, калий и натрий содержатся во всех обычных кормах, они необходимы в качестве электролитов, в частности для поддержания нормальной возбудимости мышечной ткани, причем по отношению к ней они являются антагонистами: натрий возбуждает, а калий угнетает ее деятельность.

Кальций и магний входят в состав скелета и как составная часть каждой клетки, необходимая для их нормальной деятельности. Они действуют успокаивающим образом на клеточные элементы, возбужденные действием натрия. В то же время они являются и антагонистами: магний угнетает, а кальций это действие устраняет. У растущих животных магний стимулирует рост и в то же время задерживает отложение кальция.

Для полного использования питательных веществ корма и поддержания в норме здоровья животных кроме абсолютного содержания минеральных веществ в рационе учитывают отношение (взаимодействие) элементов друг к другу: кальция к фосфору, кальция к магнию, кальция к цинку, калия к натрию, калия к магнию, а также кислотно-щелочное отношение. Известно более 70 различных взаимодействий минеральных веществ в организме. Добавка к корму одного элемента влияет на абсорбцию или использование другого (или других) минерального элемента.

Кислотно-щелочным отношением называется отношение суммы грамм-эквивалентов кислотных элементов к сумме грамм-эквивалентов щелочных. В этом случае к кислотным элементам относят фосфор, серу и хлор; к щелочным -кальций, магний, калий и натрий.

Организм животного должен поддерживать рН крови и тканевой жидкости на более или менее постоянном уровне при весьма изменчивом соотношении кислотных и щелочных элементов в корме. Практика кормления показывает, что систематическое скармливание большого количества кормов, в золе которых преобладают элементы кислотного характера, вызывает у животных заболевание с признаками ацидоза. В этом случае в крови понижается щелочной резерв, повышается концентрация водородных ионов, увеличивается содержание хлора в кровяной плазме и аммонийных солей в моче. Преобладание в рационе кормов, в золе которых большое количество щелочных элементов, ведет к противоположному заболеванию — алкалозу. По-

явление этих заболеваний приводит к значительному снижению использования протеина, жиров и углеводов корма, потере упитанности, катастрофическому падению продуктивности и ухудшению здоровья. Например, у птицы кости становятся «гуттаперчевыми».

Для регулирования в рационах кислотно-щелочного отношения необходимо знать содержание минеральных элементов в кормах и грамм-эквиваленты, которые для фосфора составляют 80, серы — 62, хлора — 28, кальция — 50, магния — 82, калия — 26, натрия - 44. Чтобы рассчитать кислотно-щелочное отношение, надо содержание минеральных элементов в корме (в г) умножить на соответствующий грамм-эквивалент и определить сумму кислотных и щелочных эквивалентов. Примеры расчета кислотно-щелочного отношения в сене (в золе которого преобладают щелочные элементы) и ячмене (в золе которого преобладают кислотные элементы) приведены в табл. 29 и 30.

Точно так же рассчитывают кислотно-щелочное отношение в рационах. При этом содержание минеральных элементов в кормах определяют в химической лаборатории или используют табличные данные.

За оптимальную норму кислотно-щелочного отношения в рационах животных принимают 0,8—0,95. Это значит, что в рационах всегда должен быть некоторый избыток щелочных элементов, примерно 0,3—0,4 г-экв. на 1 ЭКЕ.

На кислотно-щелочное равновесие в организме оказывает влияние обмен веществ в целом, изменяющийся от состояния животного, характера питания и др. Тем не менее контроль по кислотно-щелочному отношению в кормах позволяет правильно организовать минеральное питание сельскохозяйственных животных.

5. Методы контроля полноценности минерального питания животных.

Недостаток минеральных элементов в кормах рациона, а также их непропорциональное соотношение приводят к серьезным нарушениям обменных процессов.

Основными симптомами минеральной недостаточности являются расстройства, отражающиеся на костной (рахит, остеомалация, остеопороз, остеофиброз, родильный парез и др.), мышечной и нервной тканях (тетания, солевая недостаточность, акупроз — лизуха, беломышечная болезнь и др.), на коже (пара-кератоз и др.), на кроветворении (анемия, акабальтоз и др.), на внутренней секреции (зоб эндемический и экзофталмический и др.).

Избыток отдельных минеральных веществ в рационах оказывает вредное действие на организм, вызывая интоксикации, болезни и гибель. Токсическое действие проявляют, например, высокие дозы поваренной соли у свиней, птицы и других видов животных. В этом случае интоксикация наступает, когда содержание хлора превышает допустимое и составляет в желудке 0,31 %, в тонком кишечнике 0,16, в слепой кишке 0,1 и в мозгу 0,18 %. Ток-

сическое действие оказывают высокие дозы железа, меди, кобальта, цинка, молибдена, фтора и других элементов.

Для установления недостаточности или избытка минеральных веществ в рационах определяют их содержание в кормах и сравнивают с детализированными нормами потребности животных в отдельных макро- и микроэлементах.

Для контроля за минеральным питанием животных разработаны следующие основные методы: биохимический анализ крови (с обязательным определением щелочного резерва), молока и шерсти; рентгенофотометрическое исследование плотности костей; балансовые и научно-хозяйственные опыты; метод меченых атомов. Также делают анализы содержимого рубца, слюны, мочи, скелетных мышц и другого биоматериала, который можно получить, не нарушая здоровья животных.

Рентгенографический контроль позволяет при жизни судить о содержании минеральных веществ в костях животного. Например, при минеральной недостаточности последний хвостовой позвонок сначала делается острым и в дальнейшем полностью рассасывается; могут рассасываться последние три позвонка. Однако на рентгенограмме нельзя определить изменения кости при потере минеральных веществ менее 50 %. Наряду с хвостовыми позвонками делают рентгено снимки также рогового отростка и пястной кости. По рентгенограммам пястной кости можно судить о раннем развитии остеомалации у лошадей.

Радиоактивные индикаторы (меченые атомы) позволяют получать данные об обмене и накоплении минеральных элементов в организме животного. Этот метод чаще используют для определения состояния кальциевого, фосфорного, магниевого и йодного обмена. Наряду с ними в настоящее время применяют меченые железо, марганец, медь, цинк, кобальт и другие изотопы. Способ меченых атомов позволяет определить истинную усвояемость минеральных элементов, их распределение в организме и учитывать эндогенные потери. Но этот метод требует специальных установок (для защиты), поэтому его применение ограничено.

ЛЕКЦИЯ 9

Тема «Витаминная питательность кормов»

1. Научное обоснование витаминного питания животных
2. Жирорастворимые витамины в кормлении животных.
3. Водорастворимые витамины кормов.

1. Научное обоснование витаминного питания животных

Интенсификация животноводства предусматривает полноценное сбалансированное кормление сельскохозяйственных животных не только основными органическими и минеральными питательными веществами, но и ви-

таминами, выполняющими исключительно важную роль в обмене веществ организма.

Витамины не являются для животных источником энергии и материалом для построения тканей и органов. Однако многие из них входят в состав ферментов или участвуют в ферментных системах, катализирующих в организме превращения поступающих с пищей белков, жиров, углеводов и солей. Отсутствие или недостаточное содержание в рационе отдельных витаминов снижает активность соответствующих ферментов, и у животных наступает нарушение обмена веществ, проявляющееся потерей аппетита, слабостью, задержкой роста, истощением и специфическими заболеваниями, называемыми авитаминозами.

Наиболее часто у животных встречаются скрытые формы витаминной недостаточности — гиповитаминозы, без заметного проявления специфических симптомов. Гиповитаминозы бывают алиментарного происхождения (при недостаточном поступлении витаминов в организм с кормами) и эндогенного — при плохом усвоении витаминов организмом на почве всевозможных заболеваний животного.

Явления витаминной недостаточности могут быть вызваны также веществами, проявляющими свойства антивитаминов, в частности структурными аналогами соответствующих витаминов. Одни из них вытесняют витамины из обмена веществ, но неспособны выполнять их функцию. Вторые инактивируют витамины путем расщепления или образования с ними комплексов. Соединения такого типа содержатся в кормах, а также вырабатываются микроорганизмами.

Гиповитаминозное состояние у животных проявляется главным образом в замедлении роста, нарушении воспроизводства, снижении продуктивности и качества основных продуктов животноводства (молока, мяса, яиц) по содержанию в них витаминов.

В связи с этим для организации полноценного кормления сельскохозяйственных животных необходимо иметь данные о витаминной питательности кормов и потребности животных в витаминах.

Основную роль в улучшении витаминного питания животных играют природные источники витаминов: зеленый корм, сено, силос, сенаж, травяная мука и другие.

Увеличение производства витаминных кормов, повышение их качества, а также стабилизация витаминов в кормах, предотвращающая потери витаминной активности при хранении, являются надежным средством повышения полноценности кормления животных.

За последние годы все большее распространение получают витамины, выпускаемые промышленным способом. Витаминные препараты используют не только для предупреждения авитаминозных заболеваний, но и как средство повышения продуктивности животных, снижения затрат белкового корма и повышения эффективности использования питательных веществ корма.

Потребление слишком больших количеств некоторых витаминов (например, А, D и Е) вызывает у животных тяжелые болезненные явления (гипервитаминозы) и уродства.

Усвояемость витаминов зависит от многих факторов и прежде всего от соотношения витаминов между собой, их доступности для организма животных, а также от сбалансированности рационов по другим элементам питания.

В настоящее время выделено и изучено более 20 витаминов. Важнейшие из них — А, D₂, Е, В₂, В₁₂, РР, пантотеновая кислота, холин и витамин К. Потребность животных и птицы в витаминах различна, особенно в витаминах группы В: у жвачных животных витамины комплекса в синтезируются в преджелудках, а свиньи и птица должны получать их с кормом.

Витамины классифицируют по их отношению к растворителям и по физиологическому действию. По первому признаку витамины подразделяют на жирорастворимые и водорастворимые, а по роли в клеточном обмене — на биокаталитические, участвующие в построении ферментов и являющиеся их составными частями (витамины группы В и К), и витамины с индуктивным действием, функция которых состоит в поддержании дифференциации тканей и упорядочении клеточных структур (витамины А, D, Е и С).

В настоящее время принята следующая классификация витаминов:

1. Жирорастворимые витамины.
2. Водорастворимые витамины

2. Жирорастворимые витамины в кормлении животных.

Витамин А (ретинол). Выполняет в организме разнообразные функции: принимает участие в обмене белков и минеральных веществ; ускоряет окислительно-восстановительные процессы; повышает содержание гликогена в мышцах сердца и в печени; участвует в синтезе половых стероидов, гормонов коры надпочечников, необходим для различных процессов генерации энергии в клетке (окислительное фосфорилирование); обеспечивает нормальное состояние эпителия кожи, дыхательных путей, пищеварительного тракта и половых органов; влияет на стабильность и проницаемость клеточных и митохондриальных мембран, синтез нуклеиновых кислот, активацию аминокислот, прямо или косвенно участвует в передаче генетического кода.

Истощение запасов витамина А в организме животных приводит к снижению продуктивности, нарушению функции воспроизводства, яловости, абортam, рождению слабого приплода и возможной гибели его в первые дни жизни, значительному снижению содержания витамина А в молозиве, молоке и крови, значительному снижению сопротивляемости организма к различным заболеваниям, особенно кишечным и легочным, плохому росту и развитию молодняка. Недостаток витамина А приводит к огрублению волос и чешуйчатости кожи, а длительная недостаточность приводит к чрезмерному набуханию, помутнению роговицы глаза и развитию ксерофтальмии с возможной полной слепотой животных.

При А-гиповитаминозах у лошадей, кроме всего, нарушается нормальное развитие копытного рога, а у птиц ухудшается оплодотворяемость яиц и вывод цыплят, снижается сохранность молодняка и его сопротивляемость различным заболеваниям. У свиней при гиповитаминозе А отмечается рассасывание приплода и рождение слабых, уродливых поросят.

Витамин А в основных растительных кормах, используемых в животноводстве, отсутствует. Содержится витамин А в молозиве, молоке, желтке яиц, жире из печени тресковых рыб и бараньем сале. В коровьем молоке в летний период витамина А содержится в два раза больше, чем в зимний период.

Это связано с тем, что витамин А образуется в организме в процессе обмена из каротиноидов (а, р, у-каротин), являющихся провитаминами А. В зеленых растениях до 90 % каротиноидов представлено р-каротином. У животных в тонком отделе кишечника из каротина образуется витамин А, который поступает в лимфу и затем в кровь. При избыточном поступлении каротин в организме животного резервируется в жировой ткани, а витамин А — в основном в печени. Способность превращать каротин в витамин А у животных разных видов неодинакова. У птицы из 1 мг Р-каротина образуется 500 мкг витамина А, у свиньи — 160, у овцы — 174, у крупного рогатого скота — 120 и у лошади — 167 мкг. Эти данные необходимо учитывать при нормировании витамина А животным.

Каротин, помимо своего значения как источника провитамина А, играет немаловажную роль и как катализатор многих физиологических процессов в живой клетке организма.

Максимальное количество каротина в зеленых растениях накапливается до их цветения. В последующие фазы вегетации растений (цветение, образование семян) содержание каротина резко снижается. Каротиноиды легко разрушаются под действием влаги, солнечного света, кислорода, кислой среды, высокой температуры. Окисление каротина ускоряется под влиянием металлов.

Потери каротина при естественной сушке трав достигают 50-80 %. При силосовании зеленых растений сохранность каротина выше, чем при сушке трав. Потери каротина в травяной муке, при хранении ее в бумажных мешках, через 5-6 месяцев достигают 60-75 %. Лучше каротин сохраняется в гранулированной травяной муке с добавлением антиоксидантов (сантохин, ди-лудин и др.) или при хранении травяной муки в герметических емкостях в атмосфере азота и углекислого газа.

Содержание каротина в различных кормах значительно колеблется. Особенно много каротина содержится в бобовых травах в ранней фазе вегетации, в свекольной ботве и листьях кормовой капусты, корнях красных сортов моркови, травяной резке, хвойной и травяной муке. Очень мало каротина в зерне, соломе, корнеплодах и картофеле.

Использование витамина А и каротина из различных кормов неодинаково. Витамин А рыбьего жира и препаратов промышленного произ-

водства используется животными на 97-100 %, тогда как усвояемость каротина различных кормов составляет 30-60 %. У молодняка жвачных животных до 3-месячного возраста каротин кормов растительного происхождения не усваивается в связи с неполным становлением преджелудочного пищеварения.

Потребность животных в каротине и витамине А выражается в микрограммах, миллиграммах или международных единицах. За одну международную единицу (МЕ) принимают 0,6 мкг чистого β -каротина или 0,3 мкг витамина А. Если потребность животных в витамине А за счет натуральных кормов не обеспечивается, им дают рыбий жир и концентрат витамина промышленного приготовления. В комбикормовой промышленности используются гранулированные концентраты витамина А, которые хорошо смешиваются с другими кормами.

Витамин D (кальциферол). Объединяет группу родственных соединений (D₁, D₂, D₃, D₄, D₅ и другие), которые являются производными стероида и обладают антирахитическим действием. Практическое значение в питании животных имеют витамины D₂ и D₃.

Витамин D связан со многими жизненно важными процессами в организме. Он регулирует фосфорно-кальциевый обмен, активизирует переход минеральных веществ из кровяного русла в костную ткань и тем самым способствует костеобразованию, формированию скорлупы яиц, нормальному развитию эмбрионов.

Отсутствие или недостаток витамина D в организме нарушает не только минеральный, но и углеводный и белковый обмен, способствует увеличению паращитовидной железы. Кальций и фосфор плохо или совсем не усваиваются, в результате чего молодые животные, даже при достаточном количестве минеральных веществ в рационе, заболевают рахитом, а взрослые животные — остеомалацией. Рахит чаще всего возникает в период усиленного роста молодняка, особенно после отъема. Остеомалация развивается у высокопродуктивных животных во время беременности и лактации. Заболевание наблюдается зимой при недостатке солнечного света и несбалансированности рационов по кальцию, фосфору и витамину D.

До развития клинической картины рахита отмечается D-гиповитаминоз, или стертый рахит, сопровождающийся изменениями в обмене веществ, ухудшением аппетита, а также снижением содержания неорганического фосфора и увеличением щелочной фосфатазы в крови. Характерные признаки рахита: деминерализация костяка, искривление конечностей, отеки суставов, горбатость, неустойчивая походка. Животные теряют аппетит, наблюдается его извращение (облизывание шерсти, поедание земли), животные больше лежат, опираясь на запястные суставы. Снижается содержание кальция и фосфора в крови и естественный иммунитет организма, в результате чего возникают сопутствующие заболевания и падеж животных.

Признаки рахита у птицы проявляются в искривлении грудной кости, хрупкости костяка и утолщении суставов ног. Продуктивность птицы снижа-

ется, яичная скорлупа становится слабой, выводимость цыплят ухудшается, молодняк плохо развивается и отход его при выращивании увеличивается.

Природные корма небогаты витамином D. В зернах и корнеклубнеплодах витамин D отсутствует. Поэтому в зимний период основным источником этого витамина для взрослых животных являются сено и силос. При заготовке этих кормов в солнечную погоду из содержащегося в зеленых кормах провитамина-эргостерина под воздействием ультрафиолетовых излучений солнца образуется биологически активная форма витамина D₂. В искусственно высушенном сене или травяной муке витамина D₂ нет.

Природным источником витамина D₂ является провитамин 7-дегидрохолестерин, содержащийся в больших количествах в толще кожи животных и в животных жирах. При естественном или искусственном ультрафиолетовом облучении он переходит в биологически активную форму витамина D₃. Симптомы рахита у молодняка сельскохозяйственных животных исчезают после 40-60 дней выгульного содержания в солнечную погоду. В дождливое лето в организме животных создаются небольшие запасы витамина D₃, и уже в начале зимы у них появляются первые признаки D-гиповитаминоза.

По своему физиологическому действию витамины D₂ и D₃ для млекопитающих равноценны. Для птиц витамин D₃ в 30 раз активнее, чем D₂. Активность витамина D измеряется в международных единицах (МЕ). Одна единица соответствует активности 0,025 мкг чистого витамина D₂ или D₃. Соответственно этому, 1 г кристаллического витамина D содержит 40 млн МЕ, 1 мкг — 40 МЕ.

В осенне-зимний период, когда активность ультрафиолетовой инсоляции низкая, а также при интенсивном использовании животных в закрытых помещениях, в течение всего года в рационы в обязательном порядке вводят препараты витамина D или периодически проводят искусственное ультрафиолетовое облучение.

В качестве источников витамина D для нужд животноводства используют микрогранулированные или масляные препараты витаминов D₂ и D₃ с содержанием от 50 до 300 тыс. МЕ в 1 г и витаминизированный рыбий жир. В целях обогащения комбикормов для крупного рогатого скота и свиней используют облученные дрожжи с активностью 4-20 тыс. МЕ витамина D₂, а для нужд промышленного птицеводства целесообразно применять препараты витамина D₃ в виде казеинового концентрата с активностью 200-300 тыс. МЕ/г.

Применение концентратов витамина D требует строгого нормирования. При избыточном поступлении витамина D в организм животного происходит усиленная мобилизация кальция из рациона с повышенным отложением в почках и других органах. При этом у животных отмечается расстройство пищеварения с последующей потерей аппетита и исхуданием.

Витамин E (токоферол). В настоящее время известно девять химически близких соединений с E-витаминной активностью, получивших наименова-

ние токоферолы. За международную единицу витамина Е принята биологическая активность 1 мг α -токоферолацетата.

Витамин Е участвует в разнообразных биологических процессах. Он обладает антиокислительными свойствами, способствует усвоению и сохранению витамина А и каротина в организме животного. Защищает от окисления легкоокисляющиеся вещества в корме, пищеварительном тракте и участвует в процессах эндогенного обмена веществ, препятствуя образованию ядовитых продуктов пероксидации ненасыщенных жирных кислот. Необходим для функции размножения (антистерильный витамин), способствует сохранению целостности мембран клеток, нормализует процессы клеточного дыхания.

При гиповитаминозе Е происходит рассасывание плода, дегенерация семенников, повреждение гладкой и скелетной мускулатуры, ожирение, некроз печени, анемия, изменения в сосудистой и нервной системах, нарушение депонирования жиров, возникновение экссудативного диатеза с отеками и кровоизлияниями.

При гипервитаминозах угнетается рост животных и нарушается функция размножения, сильно увеличиваются надпочечники и гипофиз, уменьшается содержание витамина в печени.

Основным источником токоферола для животных являются растительные корма. Поэтому в практике кормления сельскохозяйственных животных гиповитаминозы Е встречаются редко.

Богаты витамином Е молодая пастбищная трава, зеленая люцерна и травяная мука. Особенно богаты токоферолом растительные масла и зародыши зерновых культур. Зерновые корма, жмыхи и шроты сравнительно бедны токоферолом. Корма животного происхождения содержат мало витамина Е. При сушке сена большая часть витамина Е теряется.

Серосодержащие аминокислоты способны в некотором отношении заменять витамин Е и усиливать его благотворное влияние на животных и птиц. В то же время многие проявления недостаточности токоферола вызываются и усиливаются непредельными жирными кислотами, содержащимися в некоторых пищевых жирах и в том числе в рыбьем жире.

Для нужд животноводства, особенно промышленного, производят масляные растворы и сыпучие кормовые препараты витамина Е, используемые для приготовления заменителей цельного молока и комбикормов для свиней и птицы.

Витамин К (филлохинон). Известны две природные формы витамина К (К, и К₂), обладающие высокой биологической активностью. Витамин К образуется в растениях, а витамин К₂ синтезируется микроорганизмами.

Основное физиологическое свойство витамина К состоит в повышении свертываемости крови, особенно в случае уменьшения в ней протромбина. Так, если у здоровых животных кровь свертывается в течение 1-10 минут, то у животных, больных К-авитаминозом, этот процесс длится в течение нескольких часов.

При недостатке витамина К нарушается процесс свертывания крови, появляются подкожные и внутримышечные кровоизлияния, кровотечения у новорожденных и кастрированных животных. В дальнейшем развитие К-авитаминоза вызывает анемию, в крови снижается содержание эритроцитов, гемоглобина и протромбина.

Витамин К содержится в жирах растительных и животных тканей. Особенно богаты этим витамином зеленые листья растений и люцерновая мука, а из растительных масел — арахисовое и соевое. Корма животного происхождения, зерновые злаковые и бобы бедны витамином К. У всех животных, за исключением птицы, происходит синтез витамина К₂ микрофлорой пищеварительного тракта, и их потребность в нем удовлетворяется как за счет синтеза, так и потребления натуральных кормов.

Чтобы обеспечить птицу витамином К, необходимо скармливать зеленые корма или травяную муку, а при отсутствии их применять добавки синтетического водорастворимого препарата витамина К₃ (викасол). С увеличением доли животных жиров в рационе потребность птицы в витамине К возрастает. При заболевании птицы кокцидиозом с проявлениями геморрагии (кровоизлияния) уровень витамина К в рационе значительно повышается.

3. Водорастворимые витамины кормов.

К водорастворимым относятся витамины группы В и витамины Н и С. Эти витамины воздействуют преимущественно на промежуточный обмен веществ. В качестве активных групп клеточных ферментов витамины группы В катализируют различные реакции углеводного, белкового и жирового обмена. Роль водорастворимых витаминов в физиологических процессах чрезвычайно велика.

Водорастворимые витамины в отличие от жирорастворимых не накапливаются в организме или откладываются в нем лишь в небольшом количестве, поэтому они должны непрерывно поступать с кормом. Установлено, что даже кратковременный перерыв в их поступлении вызывает снижение активности многих ферментов или ферментных систем. В результате происходит торможение соответствующих процессов обмена веществ, а затем снижается продуктивность животных и ослабляется их резистентность. Поэтому недостаток витаминного питания следует устранять своевременно.

Недостаток витаминов группы В в организме животных может возникать при различных желудочно-кишечных заболеваниях вследствие плохого их усвоения и ухудшения синтеза водорастворимых витаминов кишечными бактериями.

Витамины группы В синтезируются растениями, дрожжевыми клетками и различными микроорганизмами, в том числе и кишечными бактериями.

Микроорганизмы, обитающие в пищеварительном тракте жвачных животных, главным образом в рубце, в процессе своей жизнедеятельности синтезируют витамины группы В. Поэтому жвачные животные не нуждаются в поступлении с кормами витаминов группы В и, как правило, не страдают от

их недостатка. Исключение составляет молодняк в первые месяцы жизни, пока у него не развита рубцовая микрофлора. Потребность молодняка в витаминах в этот период обеспечивается за счет поступления их с молоком. У животных с однокамерным желудком (свиньи, птица) микроорганизмы обитают в задних отделах кишечника, и витамины группы В синтезируются в них слабо. Поэтому свиньи и птица нуждаются в кормах с большим содержанием витаминов группы В.

Витамин В((тиамин). Тиамин представляет собой порошок белого цвета, растворимый в воде. Производят его в виде тиамин хлорида, тиамин бромид и тиамин мононитрата не менее 98 % активного начала. Тиамин играет важную роль в углеводном, белковом, жировом и фосфорном обменах. Он необходим для образования в организме животных фермента декарбоксилазы, участвующего в декарбоксилировании пировиноградной кислоты.

При недостатке витамина В(образование декарбоксилазы нарушается, в тканях накапливаются молочная и пировиноградная кислоты, в результате чего поражается нервная система, мышцы, органы пищеварения и железы внутренней секреции.

Недостаток витамина Вt в кормах чаще проявляется у птицы, реже у свиней, телят, ягнят. Свиньи обладают большей способностью создавать запасы тиамин в тканях.

У цыплят недостаток витамина В(проявляется в снижении энергии роста, ухудшении аппетита, в плохом оперении, слабости ног, светобоязни, параличе шейной мускулатуры.

При длительной недостаточности тиамин возникает паралич. У взрослой птицы при недостатке витамина В(снижается яйценоскость, развивается слабость, истощение, паралич ног, крыльев и мускулатуры шеи. Яйцо плохо оплодотворяется, при инкубации оплодотворенного яйца получают низкий вывод цыплят.

У свиней авитаминоз В, проявляется нервными расстройствами только при длительной недостаточности тиамин. У маток снижается аппетит, возможны преждевременные опоросы и гибель приплода. Поросята отстают в росте, плохо используют питательные вещества рациона, у них появляется рвота, одышка, слабость сердечной деятельности.

У лошадей недостаток тиамин нарушает координацию движений и отрицательно влияет на процессы размножения.

У жвачных в обычных условиях кормления недостаток тиамин наблюдается чаще у телят до 2-3 месяцев, пока в преджелудках не активизировалась микрофлора. Синтез тиамин микрофлорой рубца у жвачных возрастает при скармливании солей кобальта.

Потребность зверей и птицы в тиамине повышается при наличии в рационе сырой рыбы. Объясняется это тем, что в тканях многих рыб содержится фермент, разрушающий тиамин (тиаминаза).

Удовлетворительными источниками витамина В, служат зеленые растения и хорошее сено. Богаты тиамином кормовые дрожжи, отруби, жмыхи,

шроты и горох. Мало витамина В4 в корнеплодах, молочных отходах, рыбной и мясной муке.

За международную единицу витамина В, принято 3 мкг кристаллического тиамин-гидрохлорида. Потребность животных в тиаминах выражают в мг/кг сухого вещества корма или в расчете на одну голову в сутки.

Витамин В2 (рибофлавин). Рибофлавин представляет собой оранжево-желтые мелкие кристаллы горького вкуса, без запаха, плохо растворимые в воде и устойчивые к воздействию высокой температуры. Рибофлавин легко разрушается на свету под влиянием ультрафиолетового облучения.

Витамин В2 в тканях организма на 97 % связан с белками в форме коэнзима и входит в состав желтых окислительных флавопротеидных ферментов. Почти все окислительные процессы в клетках осуществляются с участием этих ферментов. Флавопротеиды воздействуют на белковый обмен, катализируют превращение аминокислот, необходимы для синтеза и распада жирных кислот, окисления глюкозы, альдегидов и др. Они играют также важную роль в поддержании нормальной функции глаз, половых желез, нервной системы и в синтезе гемоглобина.

Недостаток витамина В2 в рационе животных приводит к снижению его содержания в печени и других органах на 40-70 % по сравнению с нормой. При этом снижается синтез флавопротеидных ферментов, вследствие чего нарушаются процессы окисления органических веществ и отмечается выделение с мочой аминокислот (триптофана, гистидина, треонина, фенилаланина) в неизмененном виде.

Заболевания, связанные с недостатком рибофлавина, встречаются у птицы, свиней и реже у телят. У взрослой птицы недостаток рибофлавина приводит к снижению яйценоскости и инкубационных качеств яйца. Из яиц выводятся слабые цыплята с дефектом пера. Цыплята плохо растут, слабеют, у них появляется понос (на 8-10 день), позже паралич ног и крыльев.

При недостатке рибофлавина в рационе супоросных маток может произойти рассасывание или мумификация эмбрионов, они приносят мертвых или слабых поросят. Поросята отстают в росте, у них происходит огрубение волосяного покрова и кожи, появляется экссудат вокруг глаз и ушей, возникают поносы, рвота, повышенная возбудимость.

У телят признаки недостаточности рибофлавина могут проявляться в первые недели жизни, когда основным источником витамина В2 для них служит молоко. Отмечается снижение аппетита, поносы, выпадение шерсти, выделение слизи и слюны.

Из кормовых средств зерно злаковых культур и корнеклубнеплоды содержат мало рибофлавина. Несколько больше его в бобовых, масличных и кормах животного происхождения. Наиболее богаты витамином В2 кормовые дрожжи, сухое обезжиренное молоко и травяная мука из бобовых. В нашей стране промышленным способом производится синтетический кормовой витамин В2.

Витамин В3 (пантотеновая кислота). Пантотеновая кислота представляет собой светло-желтую вязкую жидкость, легко растворимую в воде и неустойчивую к воздействию высоких температур, щелочей, кислот. Пантотеновая кислота относится к антипеллагрическим витаминам и регулирует жировой обмен в организме. Она входит в состав кофермента (КоА), который играет важную роль в процессах ацетилирования и окисления.

Недостаток витамина В3 в организме приводит к разносторонним изменениям в обмене веществ и сопровождается поражением кожи, нервной системы, крови, пищеварительного тракта и органов пищеварения. Биологическая роль пантотеновой кислоты тесно связана с обменом других витаминов группы В.

Недостаток витамина В3 в организме птицы вызывает у молодняка задержку роста, дерматиты, плохое, неравномерное оперение и поражение нервной системы с массовыми параличами.

При гиповитаминозах В3 у свиней проявляются следующие признаки: дерматиты, грубый волосяной покров, нарушение координации движений (гусиный шаг), истечение темного экссудата глаз, желудочно-кишечные заболевания, язвенный колит.

У взрослых животных и птицы при недостатке витамина В3 нарушаются функции воспроизводства: рассасывание и мацерирование эмбрионов у свиней и гибель эмбрионов в последние дни инкубации яиц или вывод слабых цыплят.

Наиболее бедны витамином В3 корнеклубнеплоды и зерновые злаков. Наибольшее содержание витамина В3 отмечается в травяной муке бобовых, пшеничных отрубях, сухом обезжиренном молоке, подсолнечном шроте и кормовых дрожжах.

Для повышения биологической полноценности кормовых смесей и комбикормов в качестве дополнительного источника витамина В3 используют пантотенат кальция промышленного производства.

Витамин В4 (холин). В чистом виде холин представляет собой бесцветную жидкость, хорошо растворимую в воде и спирте. Он относительно стабилен при высоких температурах.

В отличие от других витаминов группы В холин не является катализатором обменных процессов в организме, но необходим для формирования важнейших структурных компонентов тканей. Холин входит в состав фосфолипидов и играет важную роль в жировом обмене. Он обладает липотропным действием, активизируя образование фосфолипидов в печени и тем самым предупреждая развитие жировой инфильтрации этого органа. Холин не синтезируется кишечной микрофлорой, но он образуется в печени животных с использованием метионина и глицерина при участии витамина В12, фолиевой кислоты и витамина С. Достаточное количество холина в организме предупреждает ожирение печени и способствует синтезу метионина.

Особенно резко реагируют на недостаток холина поросята в первые месяцы жизни. У цыплят и индюшат отмечается плохой рост и перозис. По-

ражается связочный аппарат и суставы. У взрослой птицы снижается яйценоскость и выводимость цыплят.

У молодняка свиней при недостатке холина огрубевает кожа и волосяной покров, понижается гибкость суставов, нарушается координация движений. У супоросных маток снижается плодовитость, молочность и появляются мертворожденные поросята.

Из кормов с наибольшим содержанием холина выделяются рыбная мука, соевый шрот, кормовые гидролизные дрожжи, люцерновая мука и зеленые растения. Из злаковых богата холином рожь, и очень бедны им сорго и кукуруза.

Для кормовой цели промышленным способом вырабатывают холинхлорид в виде 70-75 % раствора и добавляют его в комбикорма. Витамин B5 (PP, никотиновая кислота). Никотиновая кислота представляет собой белый кристаллический порошок, хорошо растворимый в воде и спирте, устойчивый к высокой температуре, кислороду воздуха, свету и щелочам.

Никотиновая кислота является частью комплексной ферментной системы, осуществляющей передачу водорода в живой клетке. Она регулирует окислительно-восстановительные процессы, обмен углеводов, жиров, контролирует нервную, сердечно-сосудистую и пищеварительную системы.

Недостаток никотиновой кислоты в рационе вызывает у поросят торможение роста и пеллагру — поражение слизистой оболочки рта, понос, потерю аппетита, поражение кожи, анемию, парез задних конечностей, повреждение спинного мозга.

Недостаток никотиновой кислоты в организме птицы вызывает заболевание пеллагрой с поражением кожи, слизистой рта и пищеварительного тракта. При этом замедляется рост, оперение становится взъерошенным, возникают параличи.

Потребность телят в никотиновой кислоте удовлетворяется молоком. При выращивании их на заменителях цельного молока без ввода триптофана возможны проявления отдельных симптомов недостаточности витамина B₅.

Никотиновая кислота синтезируется в организме животных и птицы из аминокислоты триптофана, однако не в полной мере для обеспечения потребности. Обратного превращения никотиновой кислоты в триптофан в организме не происходит.

Никотиновая кислота содержится во всех растительных кормах. Однако во многих случаях она находится в связанном состоянии и плохо усваивается животными. Богаты витамином B₃ корма животного происхождения, дрожжи, листья зеленых растений, травяная мука. Различные виды злаково-бобовых культур (ячмень, горох), кукуруза, рожь и продукты переработки молока бедны витамином B₅.

Для кормовых целей никотиновую кислоту применяют в виде синтетических препаратов с содержанием не менее 98 % витамина B₅

Витамин B₆ (пиридоксин). Пиридоксин представляет собой бесцветные кристаллы, хорошо растворимые в воде и спирте. Пиридоксин легко

разлагается под действием ультрафиолетовых лучей, устойчив к воздействию высокой температуры. Фосфорилированная форма витамина В6 (пиридоксальфосфат) является активным коферментом многих ферментных систем, принимающих участие в белковом обмене — процессах переаминирования и декарбоксилирования аминокислот. Витамин В6 участвует в обмене триптофана, метионина, цистина, глутаминовой и других аминокислот и играет также важную роль в процессах обмена жиров, углеводов и минеральных веществ.

При недостаточном поступлении пиридоксина может возникнуть В6-гиповитаминоз. У поросят раннего возраста снижается аппетит, ухудшается использование азота и энергии корма, задерживается рост, наблюдаются желудочно-кишечные расстройства, повышенная возбудимость, судороги, анемия, дерматит, выпадение волос.

У молодняка птицы при недостатке витамина В6 снижается потребление корма, останавливается рост, проявляются параличи, цыплята садятся на ноги, у них запрокинута голова так же, как при недостатке витамина В12. Обычно такой молодняк погибает.

У телят при недостатке витамина В6 также могут возникнуть судороги, снижается аппетит и приостанавливается рост.

Витамин В6 синтезируется в организме животных микрофлорой желудочно-кишечного тракта в недостаточных количествах. Поэтому основной источник витамина для них — корма. Наиболее богатые источники витамина В6 — кормовые дрожжи, люцерновая мука и пшеничные отруби. Большинство кормов животного происхождения содержит его относительно мало.

Витамин В6 синтезируется промышленным способом и поступает на комбикормовые заводы в виде гидрохлорида пиридоксала.

Витамин В7 (биотин, Н). Биотин представляет собой кристаллическое вещество, растворимое в воде, устойчивое к воздействию температуры, света и кислорода воздуха. Биотин синтезируется дрожжами и бактериями пищеварительного тракта и рубца у животных, а также растениями.

В организме животного биотин выполняет функции катализатора многочисленных реакций карбоксилирования, участвуя при этом в биосинтезе липидов, аминокислот, углеводов, нуклеиновых кислот и других реакциях обмена веществ.

В нормальных условиях кормления и содержания животных нет необходимости добавлять в рацион витамин В7, так как микрофлора пищеварительного тракта продуцирует его в количествах, необходимых для восполнения потерь организма. Потребность в биотине установлена при добавлении в рацион сульфаниламидных препаратов и антибиотиков.

При недостатке биотина у птицы грубеет кожа на ногах, покрывается сухими чешуйками, струпьями и трещинами. При недостаточности биотина в яйцах резко возрастает смертность зародышей на третий день инкубации.

Достаточно высокое содержание биотина отмечено в кормовых дрожжах, траве, зернах, семенах, люцерновой муке, мясо-костной муке.

Витамин В12 (цианкобаламин). Цианкобаламин имеет вид руби-ново-красных кристаллов, не имеет запаха и вкуса, хорошо растворим в воде и спирте, устойчив к температуре и теряет витаминную активность при воздействии света.

Витамин В12 участвует в многообразных жизненных процессах — кроветворении, синтезе нуклеиновых кислот и аминокислот, в обмене жира и углеводов, в образовании холина и стимулировании ресинтеза метионина в организме. Витамин В₁₂ является незаменимым фактором роста и репродукции животных.

В организме животных витамин В12 синтезируется микрофлорой желудочно-кишечного тракта. Однако потребность в цианкобаламине за счет синтеза удовлетворяется только у взрослых при условии обеспеченности кобальтом, входящим в состав витамина В12 (4,5 %).

Недостаточный синтез витамина В12 в рубце жвачных приводит к резкому снижению аппетита, нарушению обмена и развитию злокачественной анемии. У телят при скормливании заменителя цельного молока наблюдается прекращение роста, снижается аппетит и отмечаются нарушения координации движения.

У свиноматок при недостаточности витамина В₁₂ снижается оплодотворяемость, плодовитость, молочность, жизненность приплода и его развитие в первые месяцы жизни. У поросят-отъемышей наблюдают снижение интенсивности роста, огрубение волосяного покрова и кожи, нарушение обмена серосодержащих аминокислот, а также синтеза белка и нуклеиновых кислот.

У птицы недостаточность витамина В12 проявляется в снижении вывода молодняка. У эмбрионов наблюдаются атрофия мышц ног, геморрагия и признаки перозиса.

Балансирование рационов для животных по витамину В12 осуществляется введением в их состав кормов животного происхождения и микробиологических препаратов. Содержание витамина В12 в кормах неодинаковое. В рыбной муке оно колеблется от 34 до 350 мкг, в мясокостной муке от 10 до 30 мкг, коровьем молоке от 3 до 5 мкг, сухом молоке от 20 до 60 мкг на 1 кг сухого вещества корма. Среднее содержание витамина В12 в отдельных кормах приведено в таблице 32.

В последние годы с развитием промышленного животноводства в связи с увеличивающимся дефицитом кормов животного происхождения все большее применение находят препараты витамина В12 микробиологического производства. Применение препаратов витамина В12 в кормлении сельскохозяйственных животных на фоне растительных рационов позволяет значительно улучшить состояние их здоровья и повысить продуктивность при существенной экономии кормов животного происхождения.

Витамин Вс (фолиевая кислота). Фолиевая кислота представляет собой желтый мелкокристаллический порошок без запаха и вкуса, труднорастворимый в воде, устойчивый к нагреванию и действию кислорода воздуха и чувствительный к ультрафиолетовым лучам.

В организме животного витамин В_с оказывает активное противоанемическое действие и является витамином кроветворения в тесной связи с витамином В₁₂. Фолиевая кислота предупреждает жировую инфильтрацию печени, принимает участие в синтезе нуклеиновых кислот, пуринов и в распаде гистидина.

При недостатке витамина В_с у цыплят наблюдается плохой рост, анемия, плохое оперение и обесцвечивание пера, расстройство пищеварения и параличи. Недостаток витамина в рационах племенной птицы приводит к гибели эмбриона в последние дни инкубации.

У свиней недостаток фолиевой кислоты может развиваться при длительном кормлении вареными кормами и применении сульфаниламидов и антибиотиков. Недостаточность проявляется в слабости, анемии и выпадении щетины.

Витамин В_с в значительном количестве синтезируется зелеными растениями и микроорганизмами, в том числе и обитающими в желудочно-кишечном тракте животных и птицы. Богатые источники витамина — зеленые части растений, кормовые дрожжи, соевый шрот. Зерновые корма, рыбная мука относительно бедны фолиевой кислотой. При необходимости для животных и птицы можно использовать чистые препараты с содержанием не менее 97 % витамина В_с.

Витамин С (аскорбиновая кислота). Аскорбиновая кислота представляет собой белый кристаллический порошок кислого вкуса, легко растворимый в воде, устойчивый в сухом виде, при нагревании до 100 % активности не теряет.

Аскорбиновая кислота очень важна для жизнедеятельности организма. Она участвует в регулировании окислительно-восстановительных процессов, свертывании крови, регенерации тканей, образовании стероидных гормонов, синтезе коллагена и проколлагена, инактивировании в организме токсических веществ, а также в нормализации проницаемости капилляров.

Аскорбиновая кислота в значительных количествах содержится в кормах растительного происхождения, в особенности во всех зеленых кормах. Продукты животного происхождения содержат ее меньше.

Все сельскохозяйственные животные способны синтезировать витамин С в необходимых количествах. Интенсивность биосинтеза зависит от сбалансированности рациона по протеину, витаминам, минеральным веществам.

Установлено положительное влияние добавок витамина С к рационам для птицы и свиней при содержании их в промышленных условиях. Выявлена прямая взаимосвязь между уровнем аскорбиновой кислоты в молоке свиноматок и развитием поросят в подсосный период. Низкий уровень витамина С в молоке маток (12 мг%) является основной причиной падежа поросят-сосунков в пометах.

Высококалорийные рационы, содержащие технический животный жир, и рационы, дефицитные по витаминам А и Е, также требуют дополнительного обогащения кормовых смесей витамином С.

Список рекомендуемой литературы

1. Макарецев, Н.Г. Кормление сельскохозяйственных животных: учебник для вузов/ Н.Г. Макарецев. – Калуга: Издательство научной литературы Н.Ф. Бочкаревой, 2007. - С.10 - 117.
2. Менькин, В.К. Кормление животных : учебник/ В.К. Менькин. - М.: КолосС, 2003. – 360 с.
3. Мотовилов, К.Я. Экспертиза кормов и кормовых добавок. [Электронный ресурс] / К.Я. Мотовилов, А.П. Булатов, В.М. Позняковский, Ю.А. Кармацких. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 560 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/5248> — Загл. с экрана.
4. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие / А.П. Калашников [и др.]. 3-е изд., перераб. и доп. - М., 2003. - 456 с.
5. Практикум по кормлению сельскохозяйственных животных: учебник и учеб. пособие для студентов / Л.В. Топорова [и др.] - М.: КолосС, 2007. - С.3 - 48.
6. Рядчиков, В.Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 640 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/64337> .
7. Фаритов, Т.А. Корма и кормовые добавки для животных. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 304 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/572> .

Учебно-методическое издание

Соколова Елена Геннадьевна

Зоотехнический анализ кормов

Краткий курс лекций

Подписано в печать ____ ____ 20__ г. Формат 60х84 1/16. Бумага офсетная № 1
Печать офсетная. Печ. л. 3,0 Метод.изд. л. ____ Тираж _____ экз.
Заказ № _____

ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА
214000, Смоленск, ул. Б. Советская, 10/2.